ISAACI NEWTONI OPTICES LIBRI TRES: ACCEDUNT EJUSDEM LECTIONES...

Isaac Newton, Samuel Clarke



Digitized by Google



8-8-25

BIBLIOTECA NAZIONALE
B. Prov.
456
VITT. EM. III
NAPOLI

REALE OFFICIO TOPOGRAFICO
17

BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio XII
Palchetto 0



Num.° d' ordine 8-41098

Digitized by Google

B. Prov.
VIII
456

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

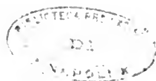
ISAACI
NEWTONI
OPERA OMNIA
OPTICA.

Digitized by Google

Digitized by Google

64128

ISAACI NEWTONI OPTICES LIBRI TRES:



ACCEDUNT EJUSDEM

LECTIONES OPTICÆ,

Et Opuscula omnia ad lucem & Colores pertinentia

Sumpta ex Transactionibus Philosophicis.





PATAVII, Typis Seminarii. MDCCXLIX.

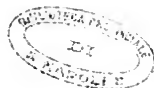
Apud Joannem Manfrè.

Superiorum permissu, & Privilegio.

Digitized by Google

Digitized by Google

ANDREÆ MEMO
PATRITIO VENETO
PETRI FILIO,
ANDREÆ EQUITIS
NEPOTI



TYPOGRAPHUS
F.

Oli mirari, nobilissime Adolescens, me, qui magnorum Scriptorum Opera plerunque sine Auspice in vulgus edere consuevi, nunc Opus hoc Nevvtonianum inauspicato emittere non audere. Mihi enim ipsi, ut ingenue fatear, non huic Operi, tutelam quæro;

quod

Digitized by Google

quod quidem ipsum per sese tantam commendationem habet, ut Patrono minime indigeat. De me igitur nunc laboro, & ad Te jamdiu tamquam ad Mæcenatem venire cupiens, hoc demum opportunissimum tempus capto, quo tanto gratius Tibi esse possit officium meum, quanto gratiorem Tibi meæ erga Te voluntatis velut interpretem & internuncium exhibeo. Scio, faciles cuique aditus esse ad Te, & illam tantam tamque admirabilem humanitatem tuam hominibus vel alienissimis semper patere; sed nemini tamen magis, quam ei, qui tale quiddam deferat, quod excolere possit ingenium tuum, & illo jucundissimo quasi pabulo, quo maxime ducitur, recreare. Omnia sane præclara studia & nobili Viro digna mirifice Te delectant; sed illa in primis, quæ Te maxime ornent exquisita eruditione & doctrina, depulsaque erroris caligine, clara sapientiæ luce perfundant. Te beatum, qui ad dignitates atque ad imperia natus, docilem animum in litteraria palæstra ita interim formas & fingis, ut, cum per ætatem licebit, capessere alacriter Rempublicam possis, & Majorum tuorum vestigiis in ea passim gloriosissime impressis constanter insistere! Itaque non immerito nos idem illud

fre-

Digitized by Google

frequenter de Te prædicamus, quod olim Seminarium noſtrum de Andrea Equite Patruo tuo; qui, cum in eo puerilem ætatem optimæ inſtitutionis cauſſa traduceret, in tantam admirationem, cum ob eximium ardorem ſtudii, tum ob ingenii ſingularem præſtantiam, omnium oculos menteſque pertraxit, ut nemo eſſet, quin fidenter ediceret, futurum eum veluti quoddam maximum ſidus Sereniſſimæ Reipublicæ Venetæ divinitus datum, ut aliquando (id quod cumulatiſſime impletum ſummo noſtro cum gaudio nunc demum videmus) univerſam illuſtraret ſua ſplendidiſſima luce, ſuoque fauſto & benefico influxu beatam efficeret. Suſtine igitur expectationem, quam & Familiæ tuæ ſummus ſplendor, & vis incredibilis ingenii tui, & hic denique tantus tuus in Litteras Litteratoſque amor & ſtudium maximam movet; meque his tot tamque gravibus de cauſſis in fidem & clientelam tuam admitti cupientem ita demum amplectere, ut omnes intelligant, conſultiſſimum me fuiſſe in Patrono eligendo, quod illum elegerim, qui dignitate poſſit, ingenio ſciat, bonitate velit mihi & conatibus meis præſidium pariter & ornamentum afferre. Vale.

Digitized by Google

TYPOGRAPHUS
AD LECTOREM.



X quo rem Typographicam tractare ſum aggreſſus, nihil antiquius habui, quam ut bonis libris edendis doctorum ſtudia juvarem. Itaque intra paucos annos ſcriptores illuſtres edidi non paucos. Habent a nobis Humaniorum litterarum amantes recens impreſſos Homerum, Heſiodum, Euripidem; habebunt primo quoque tempore ampliſſimam omnium Ciceronis operum editionem. Habent rerum Eccleſiaſticarum ſtudioſi, ut omittam multa, ſummi Pontificis Benedicti XIV. divina opera. Habent Medici magnorum auctorum Heiſteri, De Gorter, Weinhart, Caſtelli aliorumque utiliſſimos libros. Habent Philoſophi non Italicæ tantum ſed univerſæ Philoſophiæ principem Galileum. Denique omnes aliis ſcientiis addicti habent probatiſſimos in ſuo genere ſcriptores a nobis diligenter excuſos.

Nunc tibi ſiſto, benigne Lector, quæcumque magnus Nevvtonus *De Luce & Coloribus* ſcripſit, diſtracta prius, nunc ad commodum tuum volumine uno collecta; quodque non levis momenti eſt, do tibi ſimul libros plures minore pretio quam ſinguli ſeorſim veneant ex editionibus Tranſalpinis, quibus tamen noſtra hæc typorum & chartæ nitore non valde cedit, correctionis autem fide & diligentia fortaſſe antecedit.

In hoc volumine primum locum obtinet princeps hoc in genere Nevvtoni opus, nempe *Optica*, quæ ut ait Fontenellius, mirabilem quandam lucis Anatomiam nobis exhibet. Liber hic editus eſt Londini primum in 4. Anglicæ ſcriptus an. 1704. editus iterum ac tertio eſt ibidem eadem lingua in 8. annis 1718., 1721. Ex prima editione Latine interpretatus eſt Cl. Samuel Clarcke, ediditque Londini an. 1706. in 4. iterumque ex editione ſecunda item Londini an. 1711. Illuſtris Petrus Coſte ex ſecunda editione Gallicam Interpretationem dedit Amſte-

ſtelodami duobus voluminibus in 12. an. 1720. Lutetiæ autem in 4. an. 1722. Genevæ demum Latina Clarckii interpretatio recuſa eſt in 4. ſatis nitide an. 1740. Proinde hæc nona eſt hujus operis editio; quæ tamen non ingrata accidere debet Italis noſtris, tum quia nondum in Italia liber editus erat, nec poſt tot editiones ſatis frequens proſtabat, tum etiam quia, ut modo dixi, parari poterit ſumptu multo minore.

Veniunt ſecundo loco *Lectiones Opticæ* habitæ a Nevvtono Cantabrigiæ annis 1669. 1670. 1671., tum cum *Cathedram Lucaſianam* ſibi a magiſtro ſuo Barrovio remiſſam ingreſſus eſt. Lectiones hæ poſt mortem Auctoris tantum editæ fuere, licet quinquaginta & amplius annis ante ſcriptæ fuiſſent. Auctor enim litium, quas averſabatur, vitandarum cauſa apud ſe ſcriptum retinuit. Editio prima hujus libri facta eſt Londini an. 1728. in 4. ſed valde mendoſa. Deinde a Cl. Joanne Caſtilioneo inſertus Tomo ſecundo Opuſculorum Nevvtoni quæ Genevæ prodierunt an. 1744. Hanc nos editionem ſecuti ſumus, niſi quid vel corrigendum vel addendum fuit. Retinuimus tamen Præfationem editionis Londinenſis multas ob cauſas, illam imprimis quia hiſtoriam hujus libri ſuppeditat, quam proinde conſulant ſtudioſi.

Extremo loco poſita eſt *Appendix* comprehendens Epiſtolas, reſponſa atque alia ſcripta Nevvtoni ad Lucem & Colores pertinentia ex *Tranſactionibus Anglicanis* excerpta. Omitti hæc non poterant, tum qiria Nevvtoni ſunt, hoc eſt optima, tum quia per ea Opticæ Nevvtonianæ quaſi corpus perficitur. Hæc tertia pars utilitatem continet non minorem, quam duæ priores, jucunditatem vero multo uberiorem. In his enim Epiſtolis extant prima experimenta & prima quaſi ſemina atque elementa ex quibus opticum ſyſtema ſuum Nevvtonus compoſuit; perſpicitur ortus progreſſus & ordo tam admirabilium inventorum; explicantur, quod caput eſt, multa clarius, quam alibi ex. gr. conſtructio atque uſus Teleſcopii Catadioptrici: ſolvuntur variæ difficultates, diluunturque ea, quæ adverſus Novam

Digitized by Google

Lucis Theoriam a Nevvtono expositam certatim Philosophi præcipue Galli objecerunt; quæ omnia cognoscere non minus utile, quam jucundum est.

Jam vero ad Nevvtoni doctrinam commendandam ineptum videatur quidquam dicere in tanta & auctoris fama & doctorum approbatione. Non injucundum tamen spero fore si partem quamdam Prefationis, quam Cl. Petrus Coste interpretationi suæ Gallicæ hujus libri præposuit, latine hic afferamus.

Etsi, inquit Coste, *omnibus temporibus natura Lucis & Colorum investigata fuit a Philosophis, tamen qui Newtoni opus perlegerit, facile intelliget, quæcunque in hoc genere dicta fuerunt ab illis, nixa esse quibusdam principiis, quæ facilius subverti possint, quam confingi.*

Patet ex quodam Senecæ loco QQ. Nat. l. 1. c. 7. Prisma vitreum cujus ope Lucis colores separantur, iis temporibus haud omino ignotum fuisse. Virgula, *inquit*, solet fieri vitrea vel striata vel pluribus angulis in modum clavæ torosa. Hæc si ex transverso solem accipit, colorem talem, qualis in Arcu videri solet, reddit. *Seneca tamen longe aberat ab eo ut hoc prismatum genere uteretur ad lucis & colorum naturam explicandam. Ex illa enim varietate colorum, quos prisma exhibet, concludit nullum ibi colorem verum inesse, sed tantum speciem colorum qualis est in collo columbarum.* Apparet, *ait*, non fieri ullum colorem, sed speciem falsi coloris, qualem columbarum cervix & sumit & ponit, utcumque deflectitur.

Philosophi recentiores facile agnoverunt hanc distinctionem colorum in veros & falsos vanam & commentitiam esse, omnesque colores juxta veros esse. Verum ubi naturam lucis aperire, quid colores a luce emanantes sint, quid unum ab alio distinguat, docere aggressi sunt, nonnisi puras putasque hypotheses attulerunt, quæ si vel maxime veritate niterentur, nec quidquam certi aut definiti docerent, nec veris experimentis possent confirmari.

Tandem Newtonus unius naturæ consultor & discipulus, naturam

Digitized by Google

ram eamdem quasi coegit arcana sua sibi prodere ac manifestare. Detexit enim per experimenta sensibus obvia eaque multis variisque modis tentata, lucem nihil esse aliud nisi congeriem, sive fasciculos radiorum diversis coloribus præditorum: Radios autem semel separatos & seorsim spectatos servare constanter nativum suum colorem, ita ut cum nulla nec refractio nec reflexio, nec umbræ mixtio mutare possit: Radios peculiaris cujusque coloris habere certam vim certumque quasi gradum Refrangibilitatis (*oportuit enim ad rem novam novum verbum accommodare*): *Radios Lucis, qui colore differunt, differre constanter gradu certo Refrangibilitatis: Differentiæ hujus refrangibilitatis tanquam causæ tribuendam esse differentiam colorum in radiis; ex quo fieri, ut colores omnes in natura existentes tales sint, quales eos efficere debent qualitates colorandi insitæ radiis, ex quibus constat Lux: Quod si Lux radios uno tantum modo refrangibiles haberet, unum tantum in rerum natura colorem futurum, nec ullum produci novum posse reflexione aut refractione ulla.*

Radiorum jam cujusque generis certa Refrangibilitate cognita & constituta, quod Newtonus invictis experimentis fecit, facile est Mathematice explicare phænomena omnia colorum, qui refractione Lucis producuntur. Quare hæc sit vera scientia, quæ Mathematice tractari queat, non minus quam cæteræ partes Opticæ, & demonstrationes germanas suscipere, ut quicumque Newtoni librum legere non gravabuntur, intelligent.

Quod maxime investigatione dignum, inventione jucundum videbatur, quodque Newtonum ad plurima elegantissima experimenta tentanda impulit, quorum partes omnes ejus Theoriam confirmant, id erat cognoscere, quid ex compositione & mixtione varia radiorum similium existeret. Comperit igitur, ex mixtione Colorum omnium simplicium existere Albedinem; itaque colorem album nihil esse aliud, quam colorum omnium primorum ac simplicium simul mixtorum congeriem. Jam candidæ lucis parvo circulo sic depicto ex ea mixtione omnium colorum exceptoque

in chartam (quod describitur lib. 1. *Part.* 2. *exper.* 10.) *ostendit intercepto uno vel pluribus coloribus, Albedinem repente evanescere & migrare in alium quemdam colorem ex reliquis compositum. Inde si redire sinantur intercepti colores, pristinam albedinem restitui. Alios subinde atque alios colores intercipiendo ostendit qui ex quorum mixtione gignantur. Alibi etiam docet, quomodo cognitis & datis aliquot coloribus simplicibus statui possit color ex iis componendus.*

Pars hæc de compositione colorum tam admirabilis & enucleata ab Auctore, nihil est nisi consectarium separatæ Lucis primorumque colorum. At ipsa hæc separatio colorum tantæ sagacitatis est tantique ingenii, ut Princeps Antiquitatis Plato non dubitaverit pronunciare humanis viribus majus esse, qua proportione varia colorum quorumdam mixtio colores novos efficiat, nosse. Qui vero, *inquit in Timæo*, hoc detegeret, non deberet proferre; non enim posset neque necessariam neque probabilem ullam ejus rei rationem afferre. Si quis vero opus tantum aggrederetur, eo ipso ostenderet, se, quid inter humanam divinamque naturam interesset, ignorare. Deus enim potest miscere plura simul, unumque in plura tribuere, quippe simul sciens & potens. Hominum vero, qui alterutrum possit, neque extitit adhuc neque oriturus est unquam ullus.

Recte Plato differebat, sed falso fundamento nitebatur. Jure enim contendebat, ut definiri posset, qui colores ex mixtione horum, aut illorum colorum nascantur, oportuisse prius secernere varios colores Lucem componentes, quod homini negatum putabat. Sane qui ostendi potest, quos quique colores mixti producturi sint, nisi prius accurate sejungantur priores? itaque constat, antequam Newtonus arcanum hoc detegeret, nihil de compositione colorum probabile dictum ab ullo Philosophorum, quod fideli teste experientia confirmaretur.

Ceterum quanquam Newtonus suam de coloribus doctrinam nonnisi manifestis experimentis fundaverit, ea tamen peragendi ars diu Britanniæ finibus circumscripta fuit. Statimque in Gallia

Ger-

Digitized by Google

Germania, alibique docti viri cum exacte separare radios Lucis non potuissent, totam hanc doctrinam tanquam hypothesin commentitiam exceperunt & experimentis minime respondentem. Mariottus inter ceteros separationem illam tentavit & quidem obtinuit, sed ita confusam, ut rubeus color ex. gr. quem refractione prismatis unius diviserat, fractus alio prismate purpureum & cæruleum reddiderit. Inde conclusit radios separatos refractione Prismatis nequaquam esse immutabiles atque individuos, quales facit in Optica Newtonus.

Atqui nihilominus hujusmodi radii immutabiles reperientur si in iis separandis ea ratio teneatur, quam præscribit Auctor Prop. 4. l. 1. Id aperte ostendit D. Desaguliers Londini an. 1715. *cum adessent D. Remondus de Montmort, Eques de Louville* (1) *aliique socii Regiæ Academiæ. Idem Lutetiæ Parisiorum præstitit P. Sebastianus, idemque paulo post D. Gauger, qui coram pluribus doctissimis viris Varignonio, Jussieo, P. Reyneau, aliisque, fere omnia experimenta quæ referuntur in hoc libro iteravit, & vera esse pervicit. D. Mairanus eadem perfecerat Biterræ an.* 1716. *quæ eodem successu iteravit an.* 1717. (2)

Nunc si qui existunt rite peragendorum experimentorum ignari, qui quæ ex iis necessaria rerum consecutione concluduntur rejiciant, ii, si sapiunt, sustinere debent judicia sua, nec doctrinam

ac-

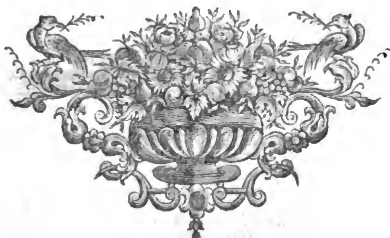
(1) Mirum hic a Costio non laudatum amicissimum virum Abbatem Antonium Conti Patricium Venetum (quem morte nuper ereptum luget Italia.) Is enim tum aderat Desaguliersii experimentis cum D. De Montmort & D. Louville, quibuscum eo anno profectus erat Londinum, & apud Italos horum experimentorum testis esse potest, ut sane erat, dum degeret inter nos. Adeo vero in mentem venire debebat Costio hanc Præfationem conscribenti, quod illum de loco Platonis paulo superius allato consuluerat, ut Epistola ad Costium data & altera Costi ad Conti, quæ inter hujus manuscripta extant, testantur.

(2) Etiam in Italia experimenta lucis juxta Nevvtoni doctrinam successerunt, cum rite & bonis prismatis tentata sunt. Docent Acta Sociorum Bononiensium, qui scientias atque artes immortalibus studiis promovendo Italis doctrinæ atque ingenii famam vel soli tuentur, efficiuntque, ut Gallis atque Anglis suas Academias minime invideamus. Horum igitur Academicorum insignis diligentia effecit, ut nemini jam liceat de veritate eorum experimentorum dubitare. Quod si quis ex nostris adhuc dubitaret, is ea suismet oculis spectare posset, dum a Philosopho & Mathematico præstantissimo totaque Europa Jure celeberrimo *Joanne Poleno* hic Patavii peraguntur. Is enim Nevvtoniana Lucis & colorum experimenta frequentissimæ coronæ domi suæ sæpius feliciter & cum summa hominum approbatione ostendit.

Digitized by Google

accusare, quam suspicari possunt innixam veræ experientiæ, cum talis & prædicetur & reperiatur ab aliis, licet ipsi per se rei hujus veritatem explorare nondum potuerint.

Liceat mihi nunc verbum addere de Quæstionibus, quæ in extremo libro proponuntur. Patet ex iis, quæ fuerit Auctoris mens in gravissimis controversiis Physicis. Sunt hi ejus Philosophiæ fructus, quam ut admiremur, satis est cognoscere & meditari; quæ per investigationem rerum naturalium nos ducit ad Auctorem & gubernatorem rerum omnium Deum, qui fructus est Philosophiæ præstantissimus. Licet autem Newtonus cogitata sua proponat quærendo tantum ac dubitando, qui tamen cæci non sunt, facile perspicient principia quibus doctrinæ illæ nituntur. Hic denique patefecit, quid de Gravitate *sentiret; adeoque constat Gravitatem a Newtono nunquam consideratam tanquam proprietatem ad essentiam corporum pertinentem. Videre item est ex iis quæ de* Attractione *differit, hoc principium ex mente ipsius nihil esse minus quam* occultam Qualitatem *aliquam scholasticorum. Mihi quidem de Attractione ad mentem Newtoni accepta idem videtur sentiendum, quod de Aeris* Elasticitate, *cujus effecta explorantur quin tamen ejusdem causa aut cognoscatur aut quæratur.* Hactenus Costius; hactenus & nos.



P R Æ-

PRÆFATIO
INTERPRETIS.



N rerum naturæ investigatione, non fictis hypothesibus, non levibus conjecturis, sed vel calculo Mathematico, vel claris certisque experimentis, omnino innitendum esse ei, qui maximis erroribus implicari & in summa rerum naturalium ignoratione versari nolit; convenit jam fere inter eruditos omnes, peritioresque Philosophos.

Atque hac demum naturam speculandi ratione, quam longe, non ultra opinionem modo, sed ultra hominum etiam doctissimorum spem, proferri possint scientiæ fines; edocuit illustrissimus Auctor noster, vir & fide & moribus antiquis, & summa modestia; atque in utroque philosophandi genere, tum calculis Mathematicis ponendis, tum experimentis capiendis, longe omnium quicunque fuerint & perspicacitate ingenii & judicii firmitate princeps.

Superioris generis immensum exemplum est liber ille nunquam satis laudandus, qui inscribitur *Philosophiæ naturalis Principia Mathematica*. In quo celeberrimus Author, cum ex phænomenis motuum investigasset vires naturæ, deinde ex istis viribus demonstravit phænomena reliqua: & cum ex phænomenis cœlestibus, per propositiones mathematice demonstratas derivasset vires gravitatis, quibus corpora ad Solem & planetas singulos tendunt; deinde ex istis viribus, per propositiones itidem mathematicas, deduxit motus planetarum, cometarum, & lunæ. Atque ita Astronomiam tandem tradidit, non jam amplius in conjecturis nixam, sed omnibus suis numeris perfectam plane & absolutam scientiam.

Posterioris generis exemplum est hic tractatus. In quo nova ac miranda luminis phænomena; refractionum inæquabilitas, radiorum in eandem superficiem iisdem angulis incidentium al-

Digitized by Google

ternæ reflexionis ac transmissus vices, variæ radiorum prope corporum objectorum extrema parvo intervallo transeuntium inflexiones, & sui singulorum colores connati & immutabiles; clarissimis experimentis, sine ulla omnino hypothesi, comprobantur simul & explicantur luculentissime.

Quare nihil hic opus est ut lectorem moneam, luminis proprietates, ejusque motuum leges, sibi in hoc pulcherrimo opere explicatum iri, stupendas plane ac inauditas, perque omnia retro sęcula reconditas atque abditas; easdem tamen jam dehinc ita apertas futuras, ita manifestas, ut nemo posthac, hujusmodi rerum intelligens, dubitare possit, quin intimam lucis colorumque naturam tam perspectam habeat, tam sibi hic ante oculos positam & penitus patefactam cernat, quam quod in rerum natura uspiam est exploratissimum.

Verum, quoniam illustrissimo Auctori visum est, librum hunc sermone Anglico scriptum emittere, & in præfatione sua cavere, ne quis, se insciente, eum in alium sermonem converteret; id hic certior faciendus est lector, hanc versionem & auctoris jussu incœptam, & eodem approbante absolutam; & quæcunque in orationis contextu, majoris perspicuitatis gratia, aliquantulum immutata sint, paucula quidem illa, sed quæcunque sint, ea omnia, vel jussu auctoris vel ejusdem permissu, esse immutata.

S. Clarke.

A U-

Digitized by Google

AUCTORIS
MONITIO PRIOR
AD LECTOREM.



Ars aliqua hujus tractatus de lumine, scripta fuit anno 1675, rogatu amicorum quorundam e Societate Regia; ad cujus Societatis Scribam tum missa fuit, & in conventu ipsorum perlecta: Pars autem ejus reliqua, post annos circiter duodecim addita est, ad theoriam perficiendam atque absolvendam; exceptis tertio libro, & observatione ultima in parte ultima libri secundi, quæ postea ex chartulis dispersis sunt collecta. Ne controversiis me de hoc argumento implicari paterer, distuli usque adhuc hunc tractatum in lucem emittere; & distulissem usque, nisi me movisset tandem amicorum importunitas. Si quæ aliæ chartæ super hac materia, erepserunt injussu meo, imperfectæ sunt eæ, & forsitan ante scriptæ, quam omnia experimenta hoc in libro memorata cepissem; mihique ipsi, quæ essent refractionis leges, colorumque componendorum ratio, satis comprobassem. Edidi jam (Anglice) *quæ mihi de hoc argumento visum est emittere; & nolim ea, me insciente, in alium sermonem converti.*

Coronas colorum, quæ circum solem & lunam nonnunquam videntur, conatus sum quadantenus explicare; verum, inopia plurium observationum, materiam illam aliis penitius explorandam relinquo. Argumentum tertii quoque libri imperfectum dimisi; quia nec omnia ceperim experimenta, quæ, cum hæc agerem, mecum statueram capere; nec, quæ ceperam, omnia iteraverim, donec de singulis ipsorum circumstantiis possem mihi ipsi facere satis. In his chartis edendis, illud solummodo mihi institutum fuit; ut quæ ipse experiundo comperissem, communicarem; quæque adhuc restant, aliis penitius exploranda commendarem.

1. Aprilis 1704. I. N.

A U-

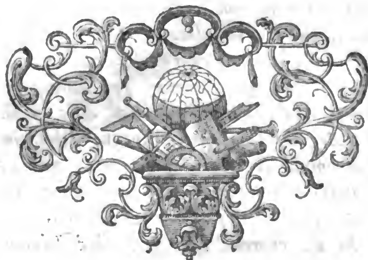
Digitized by Google

AUCTORIS
MONITIO ALTERA
AD LECTOREM.

T*Ractatus Mathematicos in priori Optices nostræ editione sub finem annexos*, *in* secunda *hac editione*, *utpote ad eandem materiam minus spectantes*, *subjungere omisi*. *In fine libri tertii*, Quærendorum *numerum adauxi*. *Et nequis* gravitatem *inter* essentiales *corporum proprietates me habere existimet*, *quæstionem unam de* ejus *causa investiganda subjeci*. Quæstionem, *inquam*: *Quippe qui* experimentis *rem istam nondum habeam exploratam*.

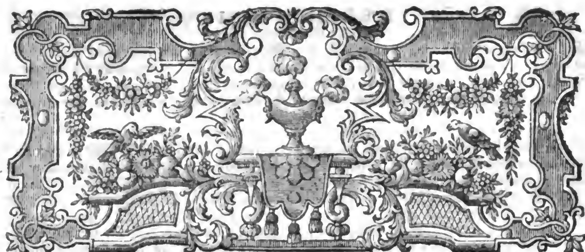
16. Julii 1717.

I N.



OPTI-

Digitized by Google



O P T I C E S
L I B E R P R I M U S.

P A R S P R I M A.



N hoc libro conſcribendo non mihi id inſtitutum fuit, ut poſitis certis hypotheſibus, luminis proprietates exinde explicarem; ſed ut iſtas proprietates ſimpliciter propoſitas ratione duntaxat experimentiſque comprobarem. Quem in finem definitiones & axiomata ſubjecta præmittere ſtatui.

DEFINITIONES.

DEFINITIO I.

P*Er radios luminis minimas ipſius partes intelligo, eaſque tam in eiſdem lineis ſucceſſivas, quam contemporaneas in diverſis.*

Liquet enim lumen ex partibus conſtare, tum ſucceſſivis, tum contemporaneis: quippe in uno eodemque loco id luminis, quod uno momento advenit, intercipere licet; & quod momento proxime ſequenti advenit, permittere ut tranſeat: item uno eodemque tempore lumen in quolibet loco intercipere licet, & quovis alio in loco permittere ut tranſeat. Ea enim luminis pars, quæ intercipitur, non poteſt eadem eſſe atque iſta quam tranſire permittas. Minimum lumen, aut minima luminis pars, quæ ſola ſine reliquo lumine vel intercipi poſſit, vel ſola propagari; aut quæ agere vel pati quicquam poſſit, quod reliquum lumen eodem tempore non agat vel patiatur: hæc eſt, quam appello *radium* luminis.

Digitized by Google

DEFINITIO II.

Refrangibilitas radiorum luminis est dispositio ea, qua ita comparati sunt, ut in transeundo ex uno corpore translucido, sive medio, in aliud, refringantur seu de via deflectantur. Et major minorve radiorum refrangibilitas est dispositio ea, qua apti sunt, ut in paribus incidentiis super unum idemque medium, magis minusve de via detorqueantur.

Mathematici plerumque secum ita fingunt; radios luminis esse lineas a corpore lucido ad corpus illuminatum pertingentes; horumque radiorum refractionem esse linearum istarum flexionem aut fractionem in transeundo ex uno medio in aliud. Atque hoc quidem de radiis & refractionibus dici possit, si lumen uno momento propagetur. Verum cum ex temporum eclipsium Jovis satellitum æquationibus id colligi videatur, lumen spatio temporis propagari; adeo ut e Sole in terram septem circiter minutorum spatio deferatur; radios ac refractiones ita laxe definire malui, ut quicquid de luminis propagatione statuatur, hæ tamen definitiones in utramque partem veræ ac certæ sint.

DEFINITIO III.

Reflexibilitas radiorum est dispositio ea, qua ita comparati sunt, ut in quodcunque medium inciderint, ab ejusdem superficie in idem rursus unde profecti sunt medium reflectantur. Et radii magis minusve reflexibiles sunt, qui facilius aut difficilius reflectuntur.

Exempli gratia; cum lumen e vitro in aerem transeat, & pro eo ut ad communem vitri aerisque superficiem magis magisque inclinetur, ex toto tandem ab ista superficie reflecti incipiat: quæ radiorum genera vel paribus incidentiis majori copia reflectuntur, vel radios paulatim inclinando citius ex toto reflectuntur; ea maxime reflexibilia sunt.

DEFINITIO IV.

Angulus incidentiæ est angulus, qui linea ab incidente radio descripta, & linea ad reflectentem aut refringentem superficiem perpendiculari, in puncto incidentiæ continetur.

DEFINITIO V.

Angulus reflexionis aut refractionis, est angulus, qui linea a reflexo aut refracto radio descripta, & linea ad reflectentem aut refringentem superficiem perpendiculari, in puncto incidentiæ continetur.

DEFINITIO VI.

Sinus incidentiæ, reflexionis & refractionis, sunt sinus angulorum incidentiæ, reflexionis, & refractionis.

DEFINITIO VII.

Lumen cujus omnes radii sunt æque refrangibiles, id ego simplex, homogeneum, & similare appello: Cujus autem radiorum alii magis quam alii refrangibiles sunt, id ego compositum, heterogeneum, & dissimilare appello.

Prius

Digitized by Google

Prius lumen ideo homogeneum appello, non quod id plane & omnimode homogeneum esse, affirmare velim; sed quod radii qui pari sunt refrangibilitate, iidem in istis saltem omnibus, de quibus in hoc libro disserendum erit, proprietatibus inter se conveniunt.

DEFINITIO VIII.

Colores homogenei luminis appello primarios, homogeneos & simplices: luminum autem heterogeneorum colores, heterogeneos & compositos.

Hi enim ex luminum homogeneorum coloribus semper compositi sunt; ut ex iis quæ infra dicenda sunt, apparebit.

AXIOMATA.

AXIOMA I.

ANguli incidentiæ, reflexionis & refractionis, in uno eodemque plano siti sunt.

AXIOMA II.

Angulus reflexionis æqualis est angulo incidentiæ.

AXIOMA III.

Si radius refractus directo ad punctum incidentiæ revertatur; in eam ipsam lineam, quam radius incidens ante descripserat, refringetur.

AXIOMA IV.

Refractio e rariori medio in densius fit versus perpendicularem; hoc est, ita ut angulus refractionis sit angulo incidentiæ minor.

AXIOMA V.

Sinus incidentiæ est ad sinum refractionis in data ratione, vel accurate, vel quam proxime.

Quare si in una radii incidentis inclinatione cognita sit ista proportio, cognita erit etiam in omnibus. Unde refractio in omnibus incidentiæ casibus super unum idemque corpus refringens, determinari potest. Exempli gratia; si refractio fiat ex aere in aquam, sinus incidentiæ luminis rubri, ad sinum refractionis ejusdem luminis, est ut 4 ad 3. Si refractio fiat ex aere in vitrum, sinus erunt inter se ut 17 & 11. In lumine aliorum colorum aliæ sunt sinuum proportiones: sed ea differentia adeo parva est, ut raro ejus ullam rationem haberi sit necesse.

Sit igitur R S (*Fig.* 1. *Tab. I.*) aquæ stagnantis superficies, & C punctum incidentiæ, ubi radius ab A in linea A C per aerem delapsus, reflectitur aut refringitur. Jam ut inveniam quo ille radius, postquam reflexus aut refractus fuerit, sit perrecturus; erigo super aquæ superficiem e puncto incidentiæ perpendicularem C P, eamque deorsum produco ad Q. Tum ex Axiomate primo concludo, radium, postquam reflexus aut refractus fuerit, alicubi in plano anguli incidentiæ A C P producto reperiri debere. Super perpendicularem C P igitur demitto sinum incidentiæ A D: & si radius reflexus, quis sit, quæratur; produco A D ad B, ita ut D B sit

A 2 æqua-

æqualis isti A D; & duco C B: quæ linea C B erit radius reflexus: angulus enim reflexionis B C P, ejusque sinus B D, æquales sunt angulo & sinui incidentiæ; uti, ex secundo Axiomate fieri debet. Sin autem radius refractus, quis sit, quæratur; produco A D ad H, ita ut D H ad A D eam proportionem habeat, quam habet sinus refractionis ad sinum incidentiæ, hoc est (si lumen sit rubrum,) rationem 3 ad 4. Tum centro C, in plano A C P, & radio C A, descripto circulo A B E; duco parallelam perpendiculari P C Q lineam H E, quæ secet circumferentiam in E: & ducta C E, ista linea C E erit radius refractus. Si enim demittatur E F perpendicularis ad lineam P Q; ista linea E F, quoniam angulus refractionis est E C Q, erit sinus refractionis radii C E. Qui sinus E F æqualis est ipsi D H; & consequenter eam proportionem habet ad sinum incidentiæ A D, quam habent 3 ad 4.

Eodem modo si per prisma vitreum (hoc est, vitrum duobus æqualibus & parallelis triangulis ab extremitatibus suis terminatum, tribusque planis & bene politis compactum lateribus, quæ tribus parallelis lineis a ternis angulis unius extremi ad ternos angulos alterius extremi pertingentibus interjunguntur,) si, inquam, luminis per hujusmodi prisma transmissi refractio quæratur: sit A C B (*Fig. 2. Tab. I.*) planum, quo prisma ea sui parte, qua lumen transmittitur, secetur transversum per istas lineas parallelas quibus ternæ ipsius facies interjunguntur: sitque D E radius incidens in primam faciem prismatis A C, ubi lumen in vitrum ingreditur. Tum posito quod sinus incidentiæ ad sinum refractionis eam proportionem habeat, quam habent 17 ad 11; inveni E F primum radium refractum. Qui porro radius quum sit ipse radius incidens in secundam faciem vitri B C, ubi lumen egreditur; iterum refractus radius F G simili ratione invenietur, ponendo sinum incidentiæ ad sinum refractionis eam habere rationem, quæ est 11 ad 17. Si enim sinus incidentiæ ex aere in vitrum sit ad sinum refractionis, ut 17 ad 11; liquet sinum incidentiæ e vitro in aerem fore e contrario ad sinum refractionis, ut 11 ad 17; uti ex tertio Axiomate patet.

Simili fere ratione, si A C B D (*Fig. 3. Tab. I.*) sit vitrum ex utraque parte sphærice convexum (quod vulgo *lens* appellatur, quale est vitrum ustorium, aut conspicillum vulgare, aut vitrum objectivum conspicilli tubulati,) & quæratur quomodo lumen e puncto lucido Q in hoc vitrum incidens refringi debeat: sit Q M radius incidens in quodvis punctum M primæ superficiei sphæricæ A C B; & erigendo lineam vitro perpendicularem in puncto M, inveniatur primus refractus radius M N, ex proportione sinuum 17 ad 11. Idem radius e vitro egressurus incidat in N; tumque inveniatur secundus radius refractus N *q*, ex proportione sinuum 11 ad 17. Qua eadem ratione inveniri quoque potest refractio, cum lens ex altera parte convexa, ex altera plana sit vel concava; aut cum ex utraque parte sit concava.

AXIOMA VI.

Radii homogenei ex diversis cujusvis objecti punctis fluentes, & in planam aut sphæricam superficiem reflectentem aut refringentem, ad perpendiculum aut fere ad perpendiculum incidentes; divergent deinceps a totidem aliis punctis, aut paralleli evadent totidem aliis lineis, aut convergent versus totidem alia puncta, accurate aut saltem sine errore sensibili. Hocque idem eveniet, si radii a duabus, tribus, pluribusve planis sphæricisve superficiebus successive reflectantur vel refringantur.

Punctum, a quo radii divergunt, vel ad quod convergunt, appellari potest ipsorum *Focus*. Et, si focus incidentium radiorum datus sit, focus radiorum reflexorum aut refractorum inveniri poterit, computando binorum quorumvis radiorum refractionem, sicuti supra traditum est; vel etiam facilius hoc modo.

Cas. 1. Sit A C B. (*Fig. 4. Tab. I.*) planum reflectens aut refringens, & Q focus incidentium radiorum, & Q *q* C linea plano isti perpendicularis. Jam si hæc linea

Digitized by Google

linea perpendicularis producatur ad q, ita ut qC fiat æqualis QC; punctum q erit focus radiorum reflexorum.

Vel, si q C capiatur ab iisdem partibus plani, ac ipsa QC; habeatque eandem proportionem ad QC, quam habet sinus incidentiæ ad sinum refractionis; punctum q erit focus radiorum refractorum.

Cas. 2. Sit ACB (*Fig.* 5. *Tab. I.*) superficies reflectens cujusvis sphæræ, cujus centrum sit E. Bisseca quemvis ipsius radium (puta EC) in T. Et, si in illo radio, ab iisdem partibus puncti T, sumantur puncta Q & q, ita ut TQ, TE, & Tq sint continue proportionales; & punctum Q sit focus radiorum incidentium; punctum q erit focus reflexorum.

Cas. 3. Sit ACB (*Fig. 6. Tab. I.*) superficies refringens cujusvis sphæræ, cujus centrum sit E. In quovis ipsius radio EC in utramque partem producto, capiantur æquales ET & Ct ita, ut ad illum radium eam proportionem seorsum habeant, quam habet sinuum incidentiæ & refractionis is qui minor fuerit, ad differentiam ipsorum sinuum. Tum si in eadem linea inveniantur duo quævis puncta Q & q, ita ut TQ sit ad ET, ut Et ad tq; (sumendo tq in contrarias partes a puncto t, ac TQ a puncto T;) & punctum Q sit focus radiorum incidentium; punctum q erit focus refractorum.

Porro, eodem modo focus radiorum bis vel sæpius reflexorum aut refractorum, inveniri poterit.

Cas. 4. Sit ACBD (*Fig.* 7. *Tab. I.*) lens refringens, sphærice convexa aut concava, aut plana utravis superficie; sitque CD axis ipsius, (hoc est, linea quæ utramque ejus superficiem ad perpendiculum secet, & per centra sphærarum transeat; inque hoc axi producto sint F & f radiorum refractorum foci ratione supra exposita inventi, cum radii incidentes ex utraque parte lentis sint axi eidem paralleli; & diametro Ff bissecto in E describatur circulus. Finge jam quodvis punctum Q focum esse radiorum incidentium. Duc QE, quæ secet circulum prædictum in punctis T & t; in eamque sume tq, quæ eam proportionem habeat ad tE, quam habet ipsa tE, sive TE ad TQ. Sit tq a contrariis partibus puncti t, ac TQ a puncto T; & q erit radiorum refractorum focus, sine errore sensibili; modo punctum Q non tanto intervallo ab axe distet, nec lens ipsa adeo lata sit, ut radiorum nonnulli in superficies refringentes nimio plus obliqui incidant.

Simili opere, cum dati sint duo foci, inveniri possunt superficies reflectentes aut refringentes; eoque pacto forma lentis exprimi, quæ efficiat ut radii ad quemvis locum, vel a quovis loco dato, fluant.

Itaque hujus Axiomatis summa hæc est. Si radii in aliquam planam aut sphæricam superficiem sive lentem incidant, &, antequam in istam superficiem incidant, fluant a dato puncto, vel ad datum punctum Q; hi radii, postquam reflexi vel refracti fuerint, fluent a puncto q, vel ad punctum q, quod ratione supra exposita definitum fuerit. Et, si radii incidentes fluant a diversis punctis, vel ad diversa puncta, Q; radii reflexi vel refracti fluent a totidem punctis, vel ad totidem puncta, q, quæ eadem ratione inveniri potuerint. Utrum a puncto q, an contra ad istud punctum, radii hi reflexi & refracti fluant; ex ipso puncti istius situ, facile dignoscitur. Si enim istud punctum situm sit ab iisdem partibus superficiei sive lentis reflectentis aut refringentis, ac punctum ipsum Q; & radii incidentes fluant a puncto Q: radii reflexi, ad q; & refracti, a q fluent. Sin autem radii incidentes fluant ad punctum Q: radii reflexi a q; & refracti, ad q fluent. Quod si istud punctum q situm sit a contrariis partibus ejusdem superficiei; omnia tunc contra, ac dicta sunt, evenient.

AXIOMA VII.

Quocunque in loco radii ex omnibus cujusvis objecti punctis fluentes, in totidem alia puncta, postquam reflexione aut refractione coacti fuerint, iterum conveniunt; eo in loco imaginem istius objecti, super quovis corpore albo in quod inciderint, depingent.

Exem-

Digitized by Google

Exempli gratia : si P R (*Fig.* 3. *Tab. I.*) sit corpus foris objectum ; & A B lens, ad cubiculi tenebricosi fenestram, operculi foramini infixa; qua radii a quovis objecti istius puncto Q fluentes ita cogantur, ut in puncto *q* iterum conveniant; & chartæ albæ plagula in *q*, ad excipiendum lumen immissum, collocetur : objecti P R imago, justa specie ac forma, colorumque ipsorum convenienti responsu, in chartam depicta conspicietur. Ut enim lumen quod fluit a puncto Q, pergit ad punctum *q*: ita lumen quod fluit ab aliis objecti punctis P & R, ad totidem alia puncta *p* & *r*, eis in imagine respondentia, perget; uti, ex sexto Axiomate, liquet. Atque hoc pacto unumquodque objecti punctum, suum in imagine punctum illuminabit; adeoque imago depingetur, qua debet, forma atque colore; & plane omni ratione, nisi quod inversa appareat, objecti ipsius simillima. Atque hæc porro est causa experimenti istius etiam in vulgus noti, quo rerum foris objectarum imagines in cubiculo tenebricoso super parietem aut chartę albę plagulam depictas excipere solent.

Eodem modo, cum quodvis objectum P Q R (*Fig.* 8. *Tab. II.*) oculis intuemur; lumen, quod ex diversis objecti punctis fluit, ita refringitur a pellucidis oculi tunicis atque humoribus, (hoc est, ab exteriori tunica E F G, quæ *Cornea* appellatur; & a crystallino humore A B, qui est ultra pupillam *m k*;) ut id coactum in fundo oculi in totidem aliis punctis iterum conveniat, ibique objecti imaginem in pellicula illa, quæ *Tunica Retina* appellatur, quaque oculi fundum obtectum est, depingat. Anatomici enim, cum exteriorem illam & crassiorem pelliculam, quæ *dura mater* appellatur, oculi fundo detraxerint; transpicientes per tunicas tenuiores, rerum objectarum imagines in eis pulchre depictas videre possunt. Quæ quidem imagines per nervorum opticorum fibras in cerebrum motu propagatæ, visus causa sunt. Pro eo enim, ut hæ imagines magis minusve distinctæ sunt, ipsum objectum magis minusve distincte visu percipitur. Si oculus aliquo forte colore ita imbutus sit, (quomodo evenit cum quis ictero laborat) ut imagines in fundo oculi isto colore tinctæ sint; omnia corpora objecta tum isto colore itidem videntur infecta. Si oculi humores progrediente ætate deficientes ita imminuantur, ut tunica cornea & humoris crystallini integumentum se in planiorem superficiem contrahant; lumen minus æquo refringetur, eaque de causa non conveniet in fundo oculi, sed in loco aliquo ulteriori; & proinde imago in fundo oculi paulo confusius depingetur; quæ imago pro eo ut magis minusve confusa fuerit, ipsum itidem objectum videbitur confusum. Hæc causa est, quamobrem senibus plerunque visus deficiat: Atque hinc etiam apparet, quomodo conspicilla ipsis multum adjumento sint ad distincte videndum. Ista enim vitra convexa, oculi jam in compressiorem figuram se contrahentis defectum rotunditatis explent; & refractionem augendo, efficiunt ut radii citius solito convergentes, distincte in fundo oculi conveniant; modo vitrum, pro ratione compressioris oculi figuræ, apta factum sit proportione convexum. Jam vero myopes, quorum oculi nimium globosi sunt, ideoque non nisi propius admota cernunt, omnia contra quam diximus experiuntur. In horum enim oculis, cum refractio nimia sit, radii ita convergunt, ut intra oculum prius conveniant, quam fundum ejus attigerint: ac proinde imago in fundo oculi depicta, & consequenter visio ipsa, non erit distincta; nisi vel objectum adeo prope ad oculum admoveatur, ut locus, quo radii coituri convergunt, jam remotior factus, in fundum oculi incidat; vel nimiæ oculi rotunditati subventum sit, refractionesque minuantur, adhibendo vitrum apta proportione concavum; vel ipsa tandem ætate oculus compressior factus, aptam figuram sortiatur. Myopes enim provectiori ætate corpora remotius objecta distinctius cernere incipiunt, ideoque visum habere durabiliorem creduntur.

AXIOMA VIII.

Objectum, quod interveniente reflexione aut refractione aspiciatur, eo semper in loco situm videtur, unde radii post ultimam reflexionem aut refractionem divergunt, quo tempore in oculum spectatoris incidunt.

Si

Digitized by Google

Si objectum A (*Fig.* 9. *Tab. II.*) interveniente speculi *m n* reflexione inspiciatur: videbitur id, non proprio in loco A, sed post speculum eo in loco *a*, unde radii quilibet, A B, A C, A D, qui ex uno eodemque objecti puncto fluxerant, divergunt jam, (postquam reflexi fuerunt in punctis B, C, D,) in transitu suo a vitro ad puncta E, F, G, ubi in oculos spectatoris incidunt. Hi enim radii talem omnino imaginem in oculorum fundo depingunt, qualem iidem ab objecto in loco *a* revera collocato fluentes, sine interpositu speculi, depinxissent: Omnisque in universum visio, istius imaginis situi atque figuræ congruenter, semper efficitur.

Similiter, objectum D (*Fig.* 2. *Tab. I.*) per prisma inspectum, non suo in loco D videtur: sed alio transfertur in locum aliquem *d*, qui in ultimo refracto radio F G, retro ab F ad *d* ducto, situs sit.

Simili quoque ratione objectum Q, (*Fig.* 10. *Tab. II.*) per lentem A B inspectum, eo in loco *q* collocatum videtur, unde radii, in transitu suo a lente ad oculum, divergunt. Observandum est autem, objecti imaginem *q*, tanto majorem aut minorem, quam ipsum objectum Q, videri, quanto distantia imaginis *q* a lente A B, major minorve est quam distantia objecti ipsius Q ab eadem lente. Quod si objectum per bina plurave hujusmodi vitra convexa aut concava inspectum fuerit; unumquodque vitrum novam imaginem effinget; objectumque eo in loco eaque magnitudine videbitur, quæ erant ultimæ imaginis locus atque magnitudo. Ex hac observatione pendet tota microscopiorum telescopiorumque theoriæ explicatio. Etenim in hoc fere posita est ea universa theoria, ut exponatur talium vitrorum conficiendorum ratio, quæ ultimam objecti imaginem tam distinctam tamque magnam tamque luminosam repræsentent, quam possit commode exhiberi.

In his Axiomatibus eorumque explicatu, quicquid antehac de rebus ad Opticen pertinentibus traditum fuerit, breviter atque summatim videor mihi exposuisse. De quibus enim inter omnes fere convenit, ea, in his quæ infra dicenda sunt explicandis, tanquam principia adhibere mihi licere existimabo. Atque hæc quidem sufficiant, quæ loco introductionis dicta sint in eorum lectorum gratiam, qui cum sint acri quidem & perspicaci ingenio, nondum tamen in studio Optices versati fuerint. Melius tamen atque facilius hæc, quæ sequuntur, intelligent, & cogitatione assequentur ii, qui antea in his rebus aliquid operæ atque studii posuerint, & vitra tractare assueti fuerint.

PROPOSITIONES.

PROPOSITIO I. THEOREMA I.

Lumina, quæ colore differunt, ea itidem refrangibilitatis gradibus inter se differunt.

Probatio ab Experimentis desumpta.

EXPERIMENTUM I.

CHartam accepi nigram, oblongam, rigidam, lateribus inter se parallelis definitam; eamque linea transversa, ad perpendiculum ab uno latere ad alterum ducta, mediam in duas æquales partes dispertivi. Harum partium alteram colore rubro infeci; alteram cæruleo, sive indico ad violaceum accedente. Charta ipsa nigerrima erat, coloresque largi ac saturi, atque insuper crasse illiti; ut phænomenon evidentius ac notabilius exhiberetur. Chartam istam duobus coloribus hoc modo discretam, per prisma inspexi ex vitro solido conflatum; cujus eæ binæ facies, per quas lumen ad oculum transmitteretur, planæ erant ac perpolitæ, angulumque circiter sexaginta graduum inter se continebant: quem quidem angulum, refringentem prismatis angulum appello. Dum chartam hoc modo intuerer, eam & prisma ita

ante

Digitized by Google

ante fenestram collocavi, ut chartæ latera essent prismati parallela; eaque latera, atque ipsum insuper prisma, horizonti parallela; & linea transversa, fenestræ plano perpendicularis; lumen etiam a fenestra in chartam incidens, & charta ipsa, angulum inter se continerent ei æqualem, quem eadem charta, & lumen jam inde ad oculum reflexum, inter se itidem continebant. Ultra prisma, paries cubiculi subter fenestram panno nigro obtectus erat, atque ipse insuper pannus tenebris undique circumseptus; nequid luminis inde reflecteretur, quod prope chartæ extremitates ad oculum transiens, sese lumini a charta reflexo immisceret, eoque pacto experimentum interturbaret. His ita dispositis; quæ observabam, hujusmodi erant. Si angulus refringens prismatis sursum convertatur, ita ut charta refractione altius attolli videatur; dimidia ejus pars illa, quæ erit colore cæruleo infecta, altius videbitur refringendo attolli, quam illa quæ erit rubra. E contrario autem, si prismatis angulus refringens deorsum convertatur, ita ut charta refringendo deorsum ferri videatur; tum cærulea ejus pars aliquanto inferius demitti videbitur, quam rubra. Quamobrem in utroque horum casuum, id luminis, quod a cærulea chartæ parte per prisma ad oculum fluit, majorem in eisdem circumstantiis refractionem patitur, quam id quod fluit a parte rubra; & consequenter, magis refrangibile est.

ILLUSTRATIO. In schemate undecimo, M N (*Fig.* 11. *Tab. II.*) exhibet fenestram; & D E chartam, lateribus D I & H E inter se parallelis definitam, & linea transversa F G dispertitam in binas partes æquales, quarum altera D G colore cæruleo saturo, altera F E colore rubro saturo infecta sit. B A C *cab* repræsentat prisma, cujus facies refringentes A B *b a* & A C *c a* interjunguntur in commissura refringentis anguli A *a*. Hæc angulata acies A *a* sursum spectans, parallela est & horizonti & simul extremitatibus chartæ inter se parallelis D I & H E; & linea transversa F G plano fenestræ perpendicularis est. Porro *d e* est chartæ imago refractione ea, quæ fit sursum versus, ita repræsentata, ut pars cærulea D G altius sublata sit ad *d g*, quam pars rubra F E ad *f e*; ac proinde majorem passa sit refractionem. Quod si acies refringentis anguli deorsum conversa sit; jam chartæ imago deorsum refringetur, puta ad $\delta \epsilon$; & pars cærulea refringendo inferius demittetur ad $\delta \gamma$, quam pars rubra ad $\varphi \epsilon$.

EXPERIMENTUM II.

Chartæ ante memoratæ, cujus dimidiæ partes colore rubro & cæruleo seorsum infectæ erant, quæque papyri conglutinatæ spissitudine erat ad rigiditatem tenue serici nigerrimi filum sæpius circumvolvebam; ita ut singula fila in charta colorata, tanquam totidem lineæ nigræ superinductæ, aut longæ tenuesque umbræ in eadem projectæ conspicerentur. Licuerat lineas nigras calamo ducere; sed fila serica tenuiora erant, & distinctiori termino definita. Chartam, hoc modo coloribus inductam & lineis nigris distinctam, ad parietem admovi, situque ad horizontem perpendiculari ita collocavi, ut colorum alter ad dextram esset positus, alter ad sinistram. Ante chartam, in colorum confiniis, ab inferiori parte, & parvo admodum interjecto intervallo, candelam apposui; quæ lumen quam clarissimum chartæ affunderet: noctu enim capiebatur experimentum. Flamma candelæ ad inferiorem chartæ marginem altitudine pertingebat, vel paullo supra eam ferebatur. His ita dispositis; ex adverso chartæ, sex pedum & unius duarumve unciarum intervallo, erexi super tabulato lentem vitream uncias $4\frac{1}{4}$ latam, quæ radios e diversis chartæ partibus fluentes ita colligeret, ut ii ad totidem alia puncta ex altera parte, eodem sex pedum & unius duarumve unciarum intervallo, ultra lentem convergerent; eoque pacto chartæ coloratæ imaginem in charta alba ibi collocata depingerent; eodem modo quo lens in fenestræ foramine infixa, corporum foris objectorum imagines in cubiculo tenebricoso chartæ albæ plagula exceptas depingit. Chartam istam albam, situ & ad horizontem & ad radios sibi a lente incidentes perpendiculari erectam, ultro citroque, modo lentem versus, modo a lente, movebam; ut quibus in locis cærulearum ru-

Digitized by Google

brarumque chartæ coloratæ partium imagines maxime distinctas se exhiberent, invenirem. Loca ista facile dignoscebam ex imaginibus linearum nigrarum, quæ erant ipsa fila serica in chartam, ut dixi, convoluta. Etenim imagines subtilium istarum tenuissimarumque linearum, (quæ summo suo nigrore ad umbrarum in coloribus projectarum similitudinem accedebant,) confusæ erant, & vix discerni potuerunt; nisi quo tempore colores, ex utraque parte cujusque lineæ, terminis maxime distinctis definiebantur. Contemplatus igitur, qua potui summa accuratione, quibus in locis rubrarum cærulearumque chartæ coloratæ partium imagines quam maxime distinctæ apparerent; observavi id ita se habere, ut quo in loco rubra chartæ pars videbatur distincta, eo in loco pars cærulea semper confusa videretur, adeo ut lineæ nigræ ei inductæ vix discerni potuerint: E contrario autem, quo in loco cærulea chartæ pars maxime distincta videbatur, eo in loco pars rubra semper videretur confusa, adeo ut lineæ nigræ ipsi inductæ jam vix discerni potuerint: Quodque interea duo loca, in quibus hæ duæ imagines seorsum distinctæ videbantur, spatii interjaceret; id sesqui-unciæ intervallum esset. Etenim quo tempore rubra chartæ coloratæ pars maxime distinctam sui imaginem exhibebat; charta alba, qua hæ imagines excipiebantur, & lens, sesqui-unciæ intervallo longius inter se distabant, quam quo tempore partis cæruleæ imago maxime distincta videbatur. Cum itaque utriusque incidentia in lentem plane eadem esset; color cæruleus a lente plus refringebatur, quam ruber: adeo ut sesqui-unciæ intervallo propius a lente, quam color ruber, convergeret; & consequenter magis sit refrangibilis.

ILLUSTRATIO. In schemate duodecimo, DE (*Fig.* 12. *Tab. II.*) exhibet chartam coloratam; DG partem ejus cæruleam; FE partem rubram; MN lentem; HI chartam albam eo in loco positam, ubi partis rubræ imago, una cum suis lineis nigris, distincta videbatur; & *h i* eandem chartam eo in loco positam, ubi partis cæruleæ imago videbatur distincta. Locus *h i* sesqui-unciæ intervallo propius, quam locus HI, a lente MN distabat.

SCHOLIUM. Idem erit hujusce experimenti eventus, utcunque quædam circumstantiæ varientur. Exempli gratia: In primo experimento, si prisma & charta ad horizontem quovis angulo inclinentur; & in utroque experimento, si lineæ coloratæ in charta nigerrima ductæ sint; exitus experimenti nihil immutabitur. Verum enimvero, in hisce experimentis describendis eas volui adhibere circumstantias, quibus vel ipsum phænomenon clarius atque evidentius exhiberi posset, vel quibus tiro rem facilius experiretur, vel tandem quibus solis ut ipse usus fuerim acciderit. Atque hoc idem sæpius in sequentibus experimentis describendis feci: De quibus omnibus hoc in loco lectorem semel monuisse, satis sit. Observandum est autem, ex hisce experimentis non id continuo effici, ut illud omne lumen, quod e charta cærulea fluit, magis refrangibile putandum sit, quam id omne quod fluat e rubra: utrumque enim istorum luminum ex radiis diverse refrangibilibus compositum est; adeo ut in isto rubro lumine nonnulli sint radii nihilo minus refrangibiles quam radii in cæruleo, & in isto cæruleo lumine nonnulli sint radii nihilo magis refrangibiles quam radii in rubro. Sed istiusmodi radii, ad totius luminis rationem, perpauci sunt; & id efficiunt, ut experimenti successus minuatur, nequaquam autem ut penitus impediatur. Quum enim colores ruber & cæruleus dilutiores & languidiores essent; imagines ante dictæ minus, quam sesqui-unciæ intervallo, inter se distabant: quum autem hi colores largiores & saturatiores essent; eæ imagines, uti inferius exponetur, majori intervallo inter se distabant. Atque hæc quidem sufficiant, quæ, ad hanc propositionem comprobandam, in corporum naturalium coloribus capta sint experimenta. In illis enim coloribus, qui prismatum refractione sese exhibent, veritas hujusce propositionis, ex iis, quæ in sequenti propositione enarranda sunt, experimentis uberius apparebit.

Digitized by Google

PROPOSITIO II. THEOREMA II.

Lumen Solis constat ex radiis diverse refrangibilibus.

Probatio ab experimentis desumpta.

EXPERIMENTUM III.

IN cubiculo valde tenebricoso, ad rotundum fenestræ operculi foramen, quod erat circiter tertia unciæ parte latum, prisma vitreum admovi; quo Solis luminis radius, per id foramen in cubiculum transmissus, sursum versus ad oppositum parietem refringeretur, ibique coloratam Solis imaginem exhiberet. Prismatis axis (hoc est, linea per medium prisma ab uno extremo ad alterum, situ ad anguli refringentis aciem parallelo transiens,) erat in his & sequentibus experimentis ad radios incidentes perpendicularis. Circa hunc axem lente converso prismate; lumen refractum, sive coloratam Solis imaginem in pariete depictam, primo descendere, deinde ascendere observabam. Inter descensum & ascensum istum, cum imago consistere & morari videretur, prisma cohibui, eoque in positu fixum retinui, ne moveretur amplius. Etenim in ea prismatis positione, luminis refractiones, quæ fierent in duobus anguli refringentis lateribus, hoc est, ad ingressum & egressum luminis, æquales erant inter se. Similiter, in aliis experimentis, quotiescunque id agerem, ut refractiones in utraque prismatis facie inter se essent æquales; notavi locum ubi Solis imago lumine refracto depicta, inter duos contrarios motus suos, in communi progressus & regressus sui confinio, consistere atque morari videretur: & cum in istum locum incideret imago, prisma cohibui fixumque retinui. Atque in hac quidem positione, quippe omnium convenientissima, intelligendum est prismata omnia in sequentibus experimentis esse collocata: nisi ubi alia aliqua positio nominatim describetur. Prismate igitur hac in positione collocato; lumen refractum chartæ albæ plagula, ad perpendiculum radiis objecta, in opposito cubiculi pariete excepi; solarisque imaginis in chartam eo lumine depictæ figura atque mensuræ, quæ essent, adnotavi. Imago oblonga erat, non tamen ovalis, sed duabus rectis interque se parallelis lineis a lateribus, & duobus semicirculis ab extremitatibus, terminata. A lateribus definiebatur terminis satis quidem distinctis: ab extremitatibus autem, finibus valde confusis & minime distinctis; lumine istis in locis deficiente paulatim, & evanescente. Latitudo imaginis ea erat, quæ Solis diametro responderet; utpote uncias $2\frac{1}{8}$ complectens, inclusa penumbra. Quippe imago, intervallo octodecim pedum cum dimidio, a prismate distabat: quo quidem intervallo interjecto, prædicta imaginis latitudo, (subducta foraminis in operculo fenestræ diametro, hoc est, $\frac{1}{4}$ unciæ) subtendebat angulum ad prisma circiter dimidii gradus, qui est Solis apparens diameter. At longitudo imaginis erat unciarum circiter $10\frac{1}{4}$; laterumque rectilineorum longitudo, circiter octo unciarum; & angulus refringens prismatis, quo imago tanta longitudine exhibita est, erat 64 graduum. Quum iste angulus minor esset, longitudo imaginis itidem minor erat, latitudo autem eadem quæ prius. Si prisma circa axem suum eam in partem convertebatur, quæ efficeret ut radii e secunda refringente prismatis facie obliquius, quam ante, emergerent; imago continuo unam duasve uncias, aut plus eo, se in longitudinem amplius extendebat. Sin prisma in contrarias partes convertebatur, ita ut radii jam in primam refringentem faciem obliquius inciderent; imago statim uncia una atque altera in brevitatem se contrahebat. Quocirca in hoc experimento capiendo, qua potui summa accuratione id mihi agendum existimavi, ut ratione supra exposita prisma eo in situ diligenter mihi collocatum foret, quo radiorum e prismate emergentium refractiones pares essent refractionibus radiorum in prisma incidentium. In prismate, quo usus sum, erant quidem venulæ aliquæ se ab una extremitate ad alteram per vitrum diffundentes; quibus radiorum nonnulli quoquo-

Digitized by Google

quoversus quidem irregulariter dispergebantur : verum in imagine colorata in longitudinem extendenda, nihil quicquam effecerunt hæ venæ. Etenim idem experimentum in aliis prismatibus cepi ; eundemque semper exitum habebat . Et specialiter, quum prismate uterer hujusmodi venis perquam immuni, & cujus angulus refringens esset graduum $62\frac{1}{2}$ inveni longitudinem imaginis, intervallo pedum $18\frac{1}{2}$ a prismate, esse unciarum $9\frac{3}{4}$ aut 10 ; foraminis autem in fenestræ operculo latitudo erat, ut prius, $\frac{1}{4}$ unciæ . Porro, quoniam in prismate apte recteque collocando proclive est errare ; experimentum ter, quater, sæpius repetebam ; imaginisque longitudinem semper eam, quam dixi, inveniebam . Quum alio prismate, ex vitro adhuc pellucidiori politiorique, uterer ; quod venis itidem immune videretur, cujusque angulus refringens, esset graduum $63\frac{1}{2}$ imaginis longitudo, eodem intervallo pedum $18\frac{1}{2}$ a prismate, erat iterum unciarum circiter 10 aut $10\frac{1}{8}$. Ultra hos fines, spatio circiter $\frac{1}{4}$ aut $\frac{1}{3}$ unciæ, ab utraque imaginis extremitate, lumen e nubibus proveniens colore rubro & violaceo nonnihil tinctum videbatur ; verum id coloris adeo languidum erat ac dilutum, ut a radiis quibusdam ipsius imaginis, quos forte inæqualitates quædam vel in ipso vitro, vel in faciebus ejus, irregulariter dispertierint quoquoversus, ortum id vel omnino, vel saltem maxima ex parte, suspicatus sim : ideoque hosce colores, in mensurarum supra expositarum rationem, non sum complexus . Ad hæc, varia foraminis in operculo fenestræ magnitudo ; varia prismatis, qua parte lumen transmitteretur, crassitudo ; variæ insuper prismatis ad horizontem inclinationes ; longitudinem imaginis nihil quicquam ad sensum immutabant . Neque vero diversa ipsa, ex qua prismata constarent, materia, quicquam immutabatur ista longitudo . Nam quum vase ex politis vitri lamellis in formam prismatis, conclusa intus aqua, conglutinatis uterer ; similis plane erat experimenti exitus, secundum proportionem refractionis . Observandum est præterea, radios a prismate ad usque imaginem, semper rectis in lineis progressos ; ac proinde, simul ut primum e prismate exierant, eam omnem inter se inclinationem habuisse, unde imaginis longitudo oriebatur ; hoc est, inclinationem quæ esset graduum amplius duorum cum dimidio . Et tamen, secundum Optices leges vulgo receptas, omnino nullo modo fieri potuit, ut hi radii tantum inter se inclinationis haberent . Sit enim EG (*Fig.* 1. *Tab. III.*) fenestræ operculum ; F foramen per quod Solis luminis radius in cubiculum tenebricosum immittebatur ; & ABC planities triangula animo concepta, qua prisma ea sui parte, per quam luminis pars media permeat, transversum secetur ; vel, si ita potius videtur, sit ABC ipsum prisma, extremitate sua propiori directo ad spectatoris oculum obversa ; XY Sol ; MN charta, qua Solis imago colorata excipiatur ; & PT imago ipsa, lateribus ad *v* & *w* rectilineis interque se parallelis, extremitatibus autem P & T in semicirculos desinentibus . Sint denique YKHP, & XLIT duo radii : quorum prior, ab inferiori parte Solis ad superiorem partem imaginis proficiscens, interjecto prismate refringitur in punctis K & H ; posterior autem, a superiori parte Solis ad inferiorem partem imaginis proficiscens, refringitur in punctis L & I . Jam quoniam posuimus, refractiones ex utraque parte prismatis inter se esse æquales : hoc est, refractionem quæ est ad K, ei esse æqualem quæ est ad I ; & refractionem ad L, ei æqualem quæ est ad H : ita ut refractiones radiorum ad K & L incidentium simul sumptæ, refractionibus radiorum ad H & I emergentium simul sumptis æquales sint : sequitur, æqualia æqualibus adjungendo, fore ut refractiones itidem ad K & H simul sumptæ, æquales sint refractionibus ad I & L simul sumptis ; ac proinde, ut isti duo radii, cum sint æque refracti, eandem inter se post, ac antequam refracti fuerint, inclinationem habere debeant ; hoc est, inclinationem, quæ, pro Solis diametri longitudine, sit dimidii gradus : etenim ea erat radiorum, ante refringendum, ad se invicem inclinatio. Itaque, his ita positis, longitudo imaginis PT, ex legibus Optices vulgo receptis, subtendere deberet angulum ad prisma, qui esset dimidii gradus : quæ quidem longitudo æqualis foret ipsi latitu-

Digitized by Google

dini *v w*; & consequenter imago plane rotunda esset. Atque hæc quidem prorsus ita se haberent, si bini isti radii X L I T, & Y K H P, reliquique omnes ex quibus imago *Pv Tv* constat, æque essent refrangibiles. Cum igitur e contrario experientia evincatur, imaginem istam non rotundam esse, sed latitudinem ipsius circiter quinque partibus longitudine superari: omnino radii, qui majori refractione ad superiorem imaginis extremitatem P mittuntur, magis, quam ii qui ad inferius ejusdem extremum T progrediuntur, refrangibiles sint necesse est; nisi ea forte sit refractionis hujusce inæqualitas, quæ casu possit accidere.

Imago ista PT sic erat colorata, ut extremitas ipsius ea, quæ minime refringeretur, T, rubra esset; extremitas autem altera P, quæ maxime refringeretur, violacea; partesque mediæ ex ordine, flavæ, virides, & cæruleæ. Quo quidem amplius firmatur id; quod erat prima propositione comprobandum; nempe, quæ lumina colore differant, ea itidem refrangibilitate inter se differre. Longitudinem imaginis in experimentis ante dictis, ab usque extremo & languidissimo colore rubro ex una parte, ad extremum & languidissimum colorem cæruleum ex altera parte, dimensus sum; dempta penumbra quadam, cujus latitudo quadrantem unciæ vix superabat, ut supra dictum est.

EXPERIMENTUM IV.

In radio Solis (*Tab. I. Fig. II.*) per fenestræ operculi foramen in cubiculum transmisso, interjecto aliquot pedum a foramine intervallo, prisma in manu ea positione tenui, qua axis ipsius ad perpendiculum isti radio objectus esset. Per prisma ita collocatum, inspexi foramen: conversoque hac illac circa axem suum prismate, ut foraminis imago vicibus ascendere & descendere videretur; cum inter duos hosce contrarios motus consistere atque morari imaginem observarem, prisma fixum retinebam, ut refractiones ex utraque parte anguli refringentis, (quomodo in prioribus experimentis factum est,) inter se essent æquales. Per prisma hoc in situ fixum, foramen attentius inspiciens, observabam longitudinem refractæ ipsius imaginis, multis partibus superare latitudinem suam; partemque illius eam, quæ maxime refracta esset, violaceam videri, quæ minime, rubram; partesque medias ex ordine, cæruleas, virides, & flavas. Idem plane eveniebat, quum per prisma e lumine Solis remotum, foramen splendore nubium solummodo illuminatum inspicerem. Et tamen, si refractio secundum unam certam (uti vulgo existimatur) sinuum incidentiæ & refractionis proportionem regulariter efficeretur; refractam istam foraminis imaginem, omnino rotundam apparere oportuisset.

Ex his itaque duobus experimentis apparet, in similibus plane incidentiis notabilem esse refractionum inæqualitatem. Verum unde tandem hæc oriatur inæqualitas; utrum ex eo, quod radiorum incidentium alii magis refringantur, alii minus, idque certa aliqua ac costanti ratione; an vero casu hæc omnia eveniant; an ex eo denique, quod unus idemque radius refractione conturbetur, discutiatur, dilatetur, & diffissus quodammodo in multos divergentes radios diffundatur; in qua sententia erat *Grimaldus*: Hoc quidem ex experimentis ante dictis nondum constat; ex istis autem quæ sequuntur, satis apparebit.

EXPERIMENTUM V.

Cum igitur ita mecum cogitarem; si Solis imago, qualem in tertio supra experimento descripsi, in speciem istam oblongam producta esset, vel dilatatione cujusque radii, vel alia quavis refractionum inæqualitate, tali, quæ posset casu accidere; fore necessario, ut eadem oblonga imago iterum refracta in latus, jam secunda ista dilatatione radiorum, aut quæcunque fuisset fortuita illa refractionum jam in latus factarum inæqualitas, in latitudinem æque, atque ante in longitudinem, extenderetur: Cum hæc, inquam, mecum cogitarem; succurrit ut experirer, quis esset futu-

rus

Digitized by Google

rus secundæ hujusmodi refractionis effectus. Hunc itaque in finem, omnibus eodem modo atque in tertio experimento dispositis, prisma alterum proxime post primum situ transverso apposui, quod Solis luminis radium, sibi e primo prismate incidentem, denuo refringeret. A primo prismate hic radius refringebatur sursum versus; a secundo, in latus. Eventus autem experimenti is erat, ut secundi prismatis refractione latitudo imaginis nihil plane augeretur; superior autem ipsius pars, quæ in primo prismate maximam passa esset refractionem, coloremque violaceum & cæruleum exhibuisset, eadem in secundo prismate majorem iterum refractionem pateretur, quam inferior ejus pars quæ rubra atque flava visa fuerat: hocque sine ulla dilatatione imaginis in latitudinem.

ILLUSTRATIO. Sit S Sol; (*Fig.* 14. & 15. *Tab. III.*) F foramen in fenestra; ABC prisma primum; DH prisma secundum; Y rotunda imago Solis, directo luminis radio, cum nullum interpositum sit prisma, in parietem projecta; P T oblonga Solis imago, quam radius per primum solum prisma transmissus, antequam prisma secundum apponatur, exhibeat; *pt* autem imago ea, quæ transversis amborum prismatum refractionibus effecta sit. Jam si radii, qui ad diversa rotundæ imaginis Y puncta tendunt, dilatati refractione primi prismatis ita diffunderentur, ut deinceps non in singulis lineis ad singula puncta proficiscerentur, sed singuli radii diffissi atque discussi, jam e radiis linearibus in totidem superficies radiorum a puncto refractionis divergentium, & in eadem cum incidentiæ & refractionis angulis planitie jacentium, commutati essent; adeo ut in istis planitiebus, ad totidem lineas fere ab uno extremo imaginis PT ad alterum protensas, singuli ferrentur; eaque causa esset, quamobrem imago oblonga fiat: si hæc, inquam, ita se haberent; utique iidem radii, eorumque singulæ partes, ad diversa imaginis PT puncta tendentes, iterum jam transversa prismatis secundi refractione dilatari deberent, atque in latus diffundi; adeo ut imaginem quadratam, qualis ad *ττ* depicta est, exhibituri essent. Quod ut melius atque facilius intelligatur; distingue imaginem PT in quinque æquales partes, PQK, KQRL, LRSM, MSUN, NUT. Et qua irregularitate lumen rotundum Y, refractione primi prismatis dilatatum, producatur in imaginem oblongam PT, eadem ratione lumen PQK, quod spatio tum longitudine tum latitudine simili plane, atque ipsum Y, continetur; refractione secundi prismatis dilatari debebit, & in imaginem oblongam *τqkp* produci: Lumen KQRL itidem in imaginem oblongam *kqrl*; & lumina LRSM, MSUN, NUT, in totidem alias imagines oblongas, *lrsm*, *msun*, *nutτ*, producantur oportebit: quæ quidem omnes imagines oblongæ imaginem quadratam *ττ* conficerent. Atque hæc quidem ita se haberent necessario; si singuli radii refractione dilatati in totidem triangulas radiorum a puncto refractionis divergentium superficies diffunderentur. Etenim secunda refractione radii in unam partem æque diffunderentur necesse est, ac prima refractione erant diffusi in alteram; eoque pacto imago refractione secunda in latitudinem æque dilataretur, ac priori dilatata erat in longitudinem. Hocque idem omnino accidere deberet, siquo casu fortuito radiorum alii magis, alii minus, refringerentur. Verum enimvero res ipsa longe aliter se habet. Nam prismatis secundi refractione imago PT, non latior facta est, sed obliqua solummodo; quomodo ad *pt* depicta est; superiori ipsius extremo P refractione longius translato, quam inferiori extremo T. Itaque id luminis, quod ad imaginis superius extremum P ferebatur, in secundo prismate (positis æqualibus incidentiis) magis refringebatur, quam id quod ferebatur ad inferius extremum T: hoc est, radii qui erant colore cæruleo & violaceo, plus refringebantur, quam qui rubro erant & flavo; ac proinde magis refrangibiles erant. Istud idem lumen, refractione prioris prismatis, longius, quam reliquum lumen, a loco Y, quo ante refringendum tendebat, translatum fuerat. Quare id tam in primo prismate, quam in secundo, majorem subierat refractionem; & consequenter plus, quam reliquum lumen, refrangibile erat, etiam ante quam in primum prisma incideret.

Aliquando post secundum prisma, tertium apposui, vel etiam quartum; quibus ima-

mago sæpius refringeretur in latus. Verum horum omnium experimentorum is unus erat exitus, ut qui radii in primo prismate plus quam reliqui refringebantur, iidem in reliquis prismatibus plus itidem refringerentur: idque sine ulla imaginis dilatatione in latus. Quamobrem illi radii, eo quod certa ac constanti ratione plus quam reliqui refringantur, merito appellari possunt *magis refrangibiles*.

Sed ut hoc experimentum quo spectet, clarius appareat; concipiendum est radios, qui sint æque refrangibiles, eos omnes in circulum unum incidere, qui Solis globo respondeat. Id enim jam ante in tertio experimento probavimus. Circulum autem cum dico, non id hic ita intelligendum velim, ac si circulum perfectum & geometricum dicerem: sed figuram quamlibet orbicam intelligo, cujus longitudo ac latitudo sint inter se æquales, quæque ad sensum possit circulus videri. Sit igitur AG (*Fig.* 15. *Tab. III.*) circulus, quem radii maxime refrangibiles, quotquot e toto Solis globo fluunt, unum universi, si soli essent, illuminarent & in opposito pariete depingerent: similiter EL circulus, quem universi radii minime refrangibiles, si & ipsi itidem soli essent, eodem modo illuminarent: denique BH, CI, DK, circuli quos totidem media radiorum genera super parietem ordine depingerent, si suo singula ordine, interceptis reliquis omnibus, e Sole propagarentur. Finge porro alios innumeros circulos interjectos, quos alia innumera media radiorum genera suo singula ordine in pariete depingerent, si seorsum e Sole singula ordine emitterentur. Et quoniam revera hæc omnia radiorum genera e Sole simul emittuntur, liquebit necessum fore, ut ea omnia uno eodemque tempore emissa, innumeros circulos inter se æquales illuminent atque depingant; ex quibus universis, in ordinem continuum pro sua cujusque refrangibilitate collocatis, imago illa oblonga PT, quam ante in tertio experimento descripsimus, composita sit. Quod si jam ita comparata esset rotunda illa Solis imago Y, (*Fig.* 14. *&* 15. *Tab. III.*) quæ a radio luminis nondum refracto depingitur; ut vel dilatatione aliqua radiorum singulorum, vel alia quavis fortuita in priori prismate refractionis inæqualitate, produceretur in oblongam istam imaginem PT: utique eadem ratione, singuli istius imaginis circuli AG, BH, CI, *&c.* transversa secundi prismatis refractione radios iterum dilatante aut quovis alio modo (ut prius) dispergente, deberent similiter protendi & in figuram oblongam immutari: quo pacto imago PT jam in latitudinem æque extenderetur, ac imago Y refractione primi prismatis producta erat ante in longitudinem: & consequenter refractionibus amborum prismatum, omnino effingi deberet imago quadrata, qualem ante descripsi, *pπtτ*. Cum igitur e contrario, latitudo imaginis PT non augeatur refractione ea quæ fit in latus; liquet radios ea refractione non diffindi, nec dilatari, nec ulla alia ratione, quæ possit casu accidere, dispergi; sed unumquemque circulum regulari & uniformi refractione integrum alio transferri; exempli gratia, circulum AG refractione maxima transferri ad *ag*; circulum BH, refractione minori, ad *bh*; circulum CI, refractione adhuc minori, ad *ci*; & reliquos simili proportione; atque hoc pacto novam imaginem *pt*, ad priorem PT aliquantum inclinatam, ex circulis similiter in recta linea ordine dispositis componi. Quos quidem circulos, eadem esse magnitudine, atque primos, necesse est; quia latitudines omnium imaginum, Y, PT & *pt*, quando æqualibus intervallis a prismatibus distant, sunt inter se æquales.

Observabam præterea, ex latitudine foraminis F, per quod lumen in cubiculum tenebricosum transmittitur, penumbram oriri in circuitu imaginis Y; eamque penumbram, in rectilineis imaginum PT & *pt* lateribus, usque manere. Collocavi igitur in isto foramine lentem, sive vitrum objectivum telescopii; quod Solis imaginem distincte sine ulla penumbra in Y projiceret. Ex quo effectum est, ut ea etiam penumbra, quæ rectilineis imaginum oblongarum PT & *pt* lateribus adhæserat, penitus sublata fuerit; eaque latera tam distinctis terminis definita apparerent, quam ipse primæ imaginis Y circuitus. Atque hæc quidem ita se habebunt, si vitrum, ex quo prismata constant, venulis sit immune, prismatumque facies accurate planæ sint, & perpolitæ, sine raluris istis undatim curvis, quæ innumeræ ex par-

vis

Digitized by Google

vis foraminibus ab arena restantibus, & stanni usti politura detritis aliquantulum ac complanatis, oriri solent. Quinimo, si vitrum politum solummodo, & venulis immune, facies autem prismatum non accurate planæ sint, sed, ut fit, convexæ aliquantulum aut concavæ; nihilo tamen minus fieri potest, ut tres istæ imagines Y, P T, & *p t*, penumbris careant: at non in æqualibus a prismatibus distantiis. Jam vero ex eo, quod nullæ penumbræ apparerent, hoc certo certius colligebam; circulorum ante dictorum unumquemque admodum regulari aliqua, uniformi, & certa ac constanti ratione refractum fuisse. Nam si fortuita ulla refractionis fuisset inæqualitas; nullo modo fieri potuisset, ut lineæ rectæ A E & G L, quas singuli imaginis P T circuli tangunt, transferrentur ea refractione in lineas *a e* & *g l*, quæ ipsæ usque distinctæ & rectæ æque forent, ac fuerant priores A E & G L: sed omnino in istis lineis, e loco in locum translatis, penumbra quædam aut curvatura undulata, aut alia aliqua manifesta perturbatio, necessario oriretur; contra quam experientia compertum est. Quamcunque penumbram aut perturbationem transversa prismatis secundi refractio forte in circulis, ex quibus imago composita est, effecerit; ea omnis penumbra aut perturbatio, in lineis rectis *a e* & *g l*, quas isti circuli tangunt, conspiceretur necesse est. Quamobrem, cum in istis lineis rectis nulla sit hujusmodi penumbra aut perturbatio; utique nec in ipsis circulis ulla est. Cum intervallum, quo istæ tangentes inter se distant, hoc est, latitudo imaginis, refractionibus non augeatur; consequens est, neque circulorum diametros auctas esse. Cum istæ tangentes adhuc lineæ rectæ sint; utique singuli circuli qui a priori prismate magis minusve refracti fuerint, iidem accurate eadem proportione magis minusve refracti sunt a secundo. Denique cum hæc omnia adhuc eodem modo eveniant, si usque tertio vel etiam quarto adjecto prismate, radii iterum atque iterum refringantur in latus; liquet radios unius ejusdemque circuli universos inter se homogeneos esse; eorumque refrangibilitatem semper unius modi esse, suique plane consimilem; radios autem diversorum circulorum, refrangibilitate inter se differre; idque certa aliqua ac constanti proportione. Quod erat mihi comprobandum.

Restat adhuc unum alterumve hujus experimenti adjunctum, quo id adhuc clarius certiusque effici possit. Collocetur secundum prisma D H, (*Fig. 16. Tab. III.*) non proxime post primum, sed interjecto aliquo intervallo; puta in medio spatii, quod primum prisma & parietem, quo oblonga imago P T excipiatur, interjacet: adeo ut lumen e primo prismate incidat in secundum jam oblonga facta imago π τ, huic secundo prismati parallela; indeque refringatur in latus, ut imaginem oblongam *p t* in pariete depingat. His enim ita dispositis, invenies, ut prius, imaginem *p t* inclinatam aliquantum ad eam imaginem P T, quam primum solum prisma, sublato secundo, exhibet: Etenim cæruleæ ipsorum extremitates P & *p* longius inter se distabunt, quam extremitates rubræ T & *t*: consequenter, qui radii maximam in primo prismate refractionem passi, ad cæruleum extremum π imaginis π τ proficiscuntur, eosdem iterum in secundo prismate, plus quam reliquos, refractos, observabis.

Rem eandem iterum hoc modo expertus sum. Per duo parva rotunda foramina F (*Fig. 17. Tab. IV.*) & φ in fenestræ operculo pertusa, lumen Solis in cubiculum tenebricosum immisi; appositisque ad bina ista foramina prismatibus singulis A B C & α β γ inter se parallelis, binos luminis radios in oppositum cubiculi parietem ita refringendo projeci, ut binæ coloratæ imagines P T & M N in parietem depictæ, interjunctis in directum extremitatibus, in una eademque linea recta jacerent; extremo rubro T unius imaginis, & extremo cæruleo M alterius, se inter se contingentibus. Cum enim bini isti refracti radii, adposito in transversum tertio prismate D H, iterum refringerentur in latus; imaginesque eo pacto in aliam partem parietis transferrentur; puta imago P T ad *p t*, & imago M N ad *m n*: hæ imagines jam alio translatæ *p t*, & *m n*, non amplius interjunctis in directum extremitatibus in una eademque, ut prius, linea recta jacebant; sed disjunctæ erant, & inter se factæ parallelæ. Quippe cæruleum extremum *m* imaginis *m n*, majori refractione longius

Digitized by Google

gius transferebatur e loco suo M T; quam rubrum extremum *t* alterius imaginis *p t*, ab eodem loco M T. Ex quo efficitur, ut hæc propositio nullam amplius dubitationem habeat, aut disputandi locum. Porro idem erit experimenti exitus, sive tertium prisma D H proxime post bina priora, sive majori interjecto intervallo, collocetur; ut lux in binis prioribus prismatibus refracta, in tertium incidat vel alba & circularis, vel colorata & oblonga.

EXPERIMENTUM VI.

Cum in duabus tabulis ligneis tenuioribus, foramina rotunda $\frac{1}{3}$ unciæ lata incidissem, inque fenestræ operculo foramen fecissem multo amplius, per quod largior Solis luminis radius in cubiculum tenebricosum transmitteretur: in isto radio, post fenestræ operculum, prisma collocavi, quo lumen in parietem oppositum refringeretur: & proxime post istud prisma, tabularum alteram ita erectam statui, ut luminis refracti pars media per foramen ipsius transmitteretur; reliquum autem lumen ex utraque parte foraminis interciperetur. Tum, interjecto circiter duodecim pedum intervallo, tabulam alteram ita erexi, ut pars media ejus refracti luminis, quod per tabulæ prioris foramen transmissum, in parietem oppositum incideret, jam per foramen hujus secundæ tabulæ itidem transmitteretur; reliquum autem lumen ex utraque parte foraminis interceptum, in hac secunda tabula coloratam Solis imaginem depictam exhiberet. Et proxime post hanc secundam tabulam prisma alterum collocavi, quo lumen per hujus foramen transmissum iterum refringeretur. Deinde ad fenestram reversus, prismate priori circa axem suum lente hac illac converso efficiebam, ut imago in tabula secunda depicta sursum deorsum super ligno moveretur, quo singulæ ipsius partes per tabulæ istius foramen ex ordine transmissæ, in prisma posterius inciderent. Quod dum fieret, notavi loca ea in opposito pariete, ad quæ id lumen, postquam in secundo prismate refractum esset, ferretur. Et ex locorum istorum differentia, rem ita se habere comperi, ut qui radii a primo prismate maxime refracti ad cæruleam imaginis extremitatem ferebantur, iidem iterum a secundo prismate plus, quam id luminis quod ad rubram ejusdem imaginis extremitatem ferretur, refringerentur. Qua quidem observatione tam prima propositio, quam secunda, comprobatur. Hocque idem contigit, sive axes duorum prismatum inter se essent paralleli, sive tum ad se invicem tum ad horizontem quovis dato angulo inclinarentur.

ILLUSTRATIO. Sit F (*Fig.* 18. *Tab. IV.*) foramen majusculum in fenestræ operculo, per quod Solis lumen transmittatur ad primum prisma A B C: incidatque refractum lumen in mediam partem tabulæ D E; istiusque luminis pars media, in foramen G. Lumen per id foramen transmissum, incidat deinceps in mediam partem secundæ tabulæ *d e*, ibique oblongam coloratam Solis imaginem talem, qualem in tertio supra experimento descripsimus, depingat. Ista imago, converso lente hac illac circa axem suum prismate A B C, movebitur sursum deorsum in tabula *d e*; eoque pacto fieri poterit, ut singulæ ipsius partes per tabulæ illius secundæ foramen *g* ordine transmittantur. Interea aliud prisma *a b c* post istud foramen *g* collocandum est; quo lumen per id foramen transmissum, denuo refringatur. His ita dispositis, notavi in opposito pariete loca M & N, in quæ lumen refractum incideret: eaque observatione rem ita se habere comperi, ut dum binæ tabulæ & prisma secundum fixa immotaque manerent, ista loca, converso circa axem suum primo prismate, assiduo mutarentur. Etenim cum pars inferior ejus luminis, quod in secundam tabulam *d e* incidebat, transmitteretur per foramen *g*; pergebat ea ad inferiorem in pariete locum M: cum autem superior pars ejusdem luminis, per foramen *g* transmitteretur; pergebat ea ad superiorem in pariete locum N: cumque media aliqua pars ejusdem luminis per idem foramen transmitteretur; pergebat ea ad locum aliquem in pariete medium inter M & N. Quoniam foraminum in tabulis positio nihil mutabatur; utique radiorum in secundum prisma incidentia, in hisce omnibus casibus, una atque eadem

fuit

Digitized by Google

fuit. Attamen una eademque cum esset omnium incidentia; alii radiorum magis refringebantur, alii minus. Quique in priori prismate majori refractione longius e via detorti fuerant; iidem in hoc secundo prismate iterum magis refracti sunt: Ac proinde, quum certa ac constanti ratione plus, quam reliqui, refringantur; merito appellari possunt *magis refrangibiles*.

EXPERIMENTUM VII.

Ad bina foramina in fenestræ operculo, parvo intervallo inter se distantia, prismata singula apposui; quibus duæ oblongæ & coloratæ Solis imagines in opposito pariete (quomodo in tertio supra experimento factum est) depingerentur. Tum ante parietem, parvo spatio interjecto, chartam longam & exilem, lateribus rectis interque se parallelis, collocavi: & tum prismata tum chartam ita disposui, ut color ruber unius imaginis directo in unam partem dimidiam chartæ incideret, & color violaceus alterius imaginis directo in alteram partem dimidiam ejusdem chartæ: adeo ut charta ista bicolor videretur, rubra & violacea; simili fere ratione, ac charta illa in experimentis primo & secundo, quam colore rubro atque indico infeceram. Deinde, parietem, qui post chartam erat, panno nigerrimo obtexi; nequid luminis inde reflecteretur, quo experimentum posset interturbari. Quibus ita dispositis; chartam per tertium prisma ipsi parallelum inspiciens, observabam dimidiam ipsius partem eam, quæ erat lumine violaceo illustrata, abruptam majori refractione, & quasi reliqua charta abscissam videri; præsertim cum eam e longinquo inspicerem. Cum enim nimis e propinquo inspiciebam; chartæ dimidia non jam penitus inter se disjuncta videbantur, sed angulo uno cohærentia; ut faciebat charta bicolor in primo experimento. Quod idem tum quoque accidebat, cum forte charta uterer nimium lata.

Interdum, chartæ loco, filo albo usus sum: idque, cum per prisma inspiceretur, in duo fila inter se parallela divisum videbatur: quomodo in schemate XIX. depictum est; ubi D G (*Fig. 19. Tab. IV.*) repræsentat filum illuminatum lumine violaceo a D ad E, & lumine rubro ab F ad G; *d e* autem, & *f g*, sunt fili dimidia per prisma refractione inspecta. Si alterum fili dimidium colore rubro perpetuo illuminetur, alterum autem coloribus omnibus ex ordine: (quod facile fieri potest, efficiendo ut, prismatum altero manente immoto, alterum circa axem suum convertatur:) jam filum per prisma ita se inspiciendum exhibebit, ut dimidium ipsius id, quod erat omnibus ex ordine coloribus illuminandum, quum colore rubro illuminatum sit, in eadem linea recta cum altero ejusdem dimidio, eique in directum appositum videatur; quum autem colore aureo illuminatum sit, tum separari aliquantillum; quum colore flavo illuminatum sit, separari paulo longius; quum colore viridi, adhuc longius; quum cæruleo, adhuc longius; quum indico, etiam adhuc longius; quum violaceo saturo, longissime omnium. Ex quo clarissime apparet, lumina variorum colorum varia esse refrangibilitate: idque eo ordine, ut color ruber omnium minime refrangibilis sit, reliqui autem colores, aureus, flavus, viridis, cæruleus, indicus, violaceus, gradatim & ex ordine magis magisque refrangibiles. Quo quidem tam prima propositio, quàm secunda, comprobatur.

Porro, coloratas imagines P T, & M N. (*Fig. 17. Tab. IV.*) refractionibus binorum prismatum in cubiculo tenebricoso depictas, ita disposui, ut interjunctis extremitatibus, quomodo in quinto supra experimento expositum est, in directum in eadem linea recta jacerent: tumque eas per tertium prisma longitudini ipsarum parallelum inspiciens, observabam eas non jam amplius in linea recta inter se continentes, sed plane disruptas videri; quomodo ad *p t*, & *m n* depictæ sunt: Quippe violaceum extremum *m* imaginis *m n*, majori refractione longius e loco suo priori M T translatum est, quam rubrum extremum *t* alterius imaginis *p t*.

Alio tempore, duas istas imagines P T (*Fig. 20. Tab. IV.*) & M N ita disposui, ut, rubro utriusque extremo in alterius extremum cæruleum incidente, contrario co-

Digitized by Google

lorum suorum ordine in unum ambæ conjungerentur ; quomodo in oblonga figura P T M N depictæ sunt. Tumque eas per prisma D H longitudini ipsarum parallelum inspiciens, observabam eas non jam amplius in unum conjunctas, ut cum nudis oculis aspicerentur, videri; sed tanquam duas inter se diversas imagines *p t* & *m n*, in formam crucis decussatæ transversas jacere. Ex quo apparet colorem rubrum unius imaginis & violaceum alterius, qui ad P N & M T in unum conjuncti fuerant, distractos jam majori refractione coloris violacei ad *p* & *m* quam rubri ad *n* & *t*, differre inter se refrangibilitate.

Illuminabam etiam parvum circulum chartaceum album, luminibus amborum prismatum intermixtis. Cumque is colore rubro unius imaginis, & violaceo alterius, ita esset illuminatus, ut ex colorum istorum admixtione totus purpureus videretur; inspiciebam eum per tertium prisma, primum parvo, dein majori intervallo interjecto. Et pro eo, ut a charta longius discedebam, imago ipsius per prisma inspecta, inæquali duorum colorum intermixtorum refractione paulatim distrahebatur; tandemque in duas distinctas imagines plane divisa est, alteram rubram, violaceam alteram, quarum ea, quæ erat violacea, longius, quam rubra, ab ipsa charta distabat; & consequenter majorem passa fuerat refractionem. Cum porro prismatum in fenestra positorum illud, quo lumen violaceum in chartam projectum fuerat, sublatum esset: imago violacea e conspectu se continuo subripuit: e contrario, cum alterum prisma sublatum esset, imago rubra evanuit. Ex quo apparet duas hasce imagines nihil aliud fuisse, quam lumina binorum prismatum super chartam purpuream primo intermixta, deinde autem inæqualibus suis refractionibus in tertio prismate, per quod charta inspiceretur, iterum separata. Illud etiam notatu erat dignissimum: si prismatum, quæ erant ad fenestram, alterutrum, puta id quo lumen violaceum in chartam projectum erat, ita circa axem suum converteretur, ut colores singuli, violaceus, indicus, cæruleus, viridis, flavus, aureus & ruber, ab isto prismate in chartam ex ordine projicerentur; imago violacea colorem suum congruenter immutabat, seque in colorem indicum, cæruleum, viridem, flavum & rubrum, ordine convertebat; & pro eo ut colorem suum mutabat, appropinquabat paulatim ad imaginem rubram ab altero prismate projectam; donec, quum ipsa tandem rubra itidem evaderet, ambæ in unum plane conjungebantur.

Adhæc, duos circulos chartaceos, parvo admodum intervallo inter se distantes, ita collocavi, ut in unum eorum, lumen ex uno prismate rubrum; & in alterum, lumen ex altero prismate cæruleum, incideret. Circuli isti, diametro uncias singulas continebant: & post eos, paries nigro panno obtectus erat; ne quid luminis inde reflecteretur, quo experimentum posset interturbari. Circulos hoc modo illuminatos per prisma inspexi ita collocatum, ut refractio fieret versus eam partem, ubi circulus ruber esset positus. Et pedetentim retrocedens, circulos istos pro eo, ac ipse gradum referrem, ad se invicem paulatim appropinquare, tandemque in unum plane coire videbam: cumque deinceps adhuc longius recederem, illi in partes contrarias, ac prius, distrahebantur; quippe circulus violaceus majori refractione rubrum prætervectus, etiam ulterius ferebatur.

EXPERIMENTUM VIII.

Tempore æstivo, cum lumen Solis fortissimum esse solet, prisma ad fenestræ operculi foramen, sicuti in tertio ante experimento feceram, collocavi; ita tamen, ut axis prismatis parallelus esset axi terræ: & ad oppositum parietem, in refracto Solis lumine, librum apertum statui. Tum intervallo sex pedum duarumque unciarum a libro, lentem supra memoratam erexi; qua lumen a libro reflexum, simili iterum sex pedum duarumque unciarum intervallo ultra lentem in unum colligeretur; ibique libri imaginem in chartæ albæ plagula sic, quomodo fere in secundo supra experimento factum est, depingeret. Quibus ita dispositis; lenteque ac libro, ne loco moverentur, fixis; notavi accurate quo in loco chartæ albæ plagula tum esset posi-

Digitized by Google

posita, cum literæ in libro impressæ, rubro intensissimo solaris imaginis in librum incidentis lumine illustratæ, sui imagines in charta ista quam distinctissime depictas exhiberent. Deinde expectans, donec motu Solis, & consequenter motu imaginis libro exceptæ, colores omnes a rubro illo ad usque medium cæruleum super literas easdem transirent: cum literas istas colore cæruleo viderem illuminatas, notavi iterum quo in loco charta alba jam posita esset, quum literæ cæruleo lumine illustratæ, sui imagines in eadem quam distinctissimas depingerent: invenique chartam jam unciarum circiter $2\frac{1}{2}$ aut $2\frac{1}{4}$ intervallo, propius, quam ante, a lente abesse. Quare eo intervallo, quod est unciarum $2\frac{1}{2}$ aut $2\frac{1}{4}$, lumen id, quod erat violaceum imaginis extremum, citius propter majorem refractionem, quam id quod erat rubrum ejusdem extremum, coactum & in unum collectum est. Verum in hoc experimento capiendo, id præcipue mihi agendum duxi, ut cubiculum, quam posset maxime, tenebricosum esset factum. Si enim adventitii ullius luminis admixtione, colores isti languidiores dilutioresque fiant; jam minori intervallo inter se distabunt foci ante dicti. In secundo experimento, ubi colores ii adhibebantur, qui erant corporum naturalium; horum focorum intervallum, propter colorum istorum imperfectionem, sesqui-unciam non excedebat. In hocce autem experimento, ubi colores prismatis adhibebam, qui manifesto largiores, clariores, & saturatiores sunt, quam colores corporum naturalium; id intervallum erat unciarum $2\frac{1}{4}$. Quod si adhuc largiores vividioresque colores adhiberi possent; nihil dubito, quin id intervallum multo adhuc majus esset futurum. Etenim coloratum prismatis lumen, cum propter circulorum supra in secundo experimenti quinti schemate descriptorum permixtionem, tum propter luminis nubium prope Solem clariorum se plerunque intrudentis accessionem, radiosque insuper fortuitis facierum prismatis inæqualitatibus undique dispersos & coloribus sese intermiscentes; propter has, inquam, causas, coloratum prismatis lumen adeo erat compositum, ut colorum istorum fuscorum nubilorumque, indici & violacei, imagines in charta depictæ, debiliores minusque distinctæ fuerint, quam ut satis accurate observari possent.

EXPERIMENTUM IX.

Prisma, cujus bini anguli ad basim æquales inter se semirectique essent, tertius autem rectus; collocavi in Solis luminis radio per fenestræ operculi foramen, sicuti in tertio supra experimento dictum est, in cubiculum tenebricosum transmisso. Conversoque lente circa axem suum prismate, donec id omne lumen, quod initio per alterum angulorum ejus transmissum in eoque refractum fuerat, mox a basi, qua usque adhuc e vitro exierat, reflecti cœperit; observabam radios, qui maxime refracti fuissent, eosdem citius quam reliquos reflecti. Quocirca mecum ita reputabam; radiorum reflexi luminis, qui maxime essent refrangibiles, eos omnium primos totali reflexione copiosiores in isto lumine quam reliquos adesse; reliquos autem deinceps, totali itidem reflexione, æque, ac hos, copiosos reflecti. Ut hoc, utrum ita se haberet, necne, experirer; lumen reflexum per aliud deinceps prisma ita trajeci, ut in eo refractum, incideret deinde in chartæ albæ plagulam post id prisma interjecto aliquo intervallo collocatam; ibique, ut solet, colores refractione depingeret. Tum converso circa axem suum, uti supra dictum est, priori prismate; rem ita se habere comperi, ut cum radii illi, qui in isto priori prismate maxime refracti fuissent, cæruleique & violacei visi essent, ex toto reflecti cœperint; lumen super charta cæruleum & violaceum, quod itidem in secundo prismate maxime refractum fuerat, manifesto plus augeri videretur, quam rubrum & flavum quod minus refractum fuerat: & deinde, cum reliquum lumen quod erat viride, flavum, & rubrum, cœperit in primo prismate in totum reflecti; lumen itidem eorundem colorum super charta, accessionem sibi faceret non minorem, quam ante sibi fecissent cæruleum & violaceum. Ex quo apparet, radium illum luminis, basi prismatis re-

C 2 fle-

Digitized by Google

flexum; quum primo radiorum maxime refrangibilium, & deinde eorum qui fuerint minus refrangibiles, accessione auctus sit; utique compositum esse ex radiis diverse refrangibilibus. Tale autem omne reflexum lumen, quin ejusdem plane naturæ sit ac id quod directo e Sole fluxerat antequam in basin prismatis incideret, nemo est qui dubitet: quippe in hoc fere omnes conveniunt, lumen istiusmodi reflexionibus nullam omnino modificationum suarum proprietatumve subire mutationem. Refractionum, quæ in faciebus prioris prismatis fieri potuissent, nullam hic mentionem habeo; quia radii in priorem faciem ad perpendiculum ingressi, & ad perpendiculum itidem egressi e secunda, non fuerunt refracti. Cum igitur Solis lumen incidens, ejusdem plane generis ejusdemque naturæ sit, ac lumen e prismate post reflexionem emergens; lumenque emergens, e radiis diverse refrangibilibus manifesto compositum sit; utique efficitur, ut lumen incidens similiter compositum fuerit.

ILLUSTRATIO. In schemate XXI. (*Tab. IV.*) A B C est primum prisma; B C ejus basis; B & C anguli ad basim inter se æquales, graduum quadragenum quinum; A rectangulus ejusdem vertex; F M radius solis, per foramen F tertia unciæ parte latum, in cubiculum tenebricosum transmissus; M punctum incidentiæ ipsius in basim prismatis; M G radius minus refractus; M H radius magis refractus; M N radius luminis a basi reflexus; V X Y alterum prisma, quo lumen inter transeundum refringitur; N *r* luminis hujusce pars minus refracta; & N *p* ejusdem pars magis refracta. Quum primum prisma A B C convertitur circa axem suum eam in partem, quam denotat ordo literarum A B C; radii M H magis magisque oblique ex isto prismate emergunt, donec, postquam qua potuerint summa obliquitate emerserunt, reflectuntur tandem ad N; indeque ad *p* pergentes, adjungunt se ad radios N *p*. Deinde, continuando prismatis primi motum, radii M G itidem reflectuntur ad N; & accessionem adferunt ad radios N *r*. Quare lumen M N recipit in sui compositionem, primo radios maxime refrangibiles, deinde eos etiam qui sint minus refrangibiles. Nihilo tamen minus, postquam ita compositum sit, adhuc ejusdem plane naturæ est ac directa Solis lux F M; quippe in qua reflexio basis specularis B C nullam effecerit mutationem.

EXPERIMENTUM X.

Bina prismata, forma atque magnitudine consimilia, ita colligavi, ut, axibus lateribusque inter se ex opposito parallelis, parallelopipedon conficerent. Id parallelopipedon, in radio Solis per parvum fenestræ operculi foramen in cubiculum tenebricosum transmisso, interjecto aliquo intervallo, ea positione collocavi, qua prismatum axes radiis incidentibus objecti essent ad perpendiculum; radiique incidentes in primam faciem unius prismatis, & transmissi per binas contiguas facies amborum prismatum, emergerent tandem ex ultima facie posterioris prismatis. Hæc ultima facies, cum parallela esset primæ faciei prioris prismatis, effecit ut lumen emergens atque incidens inter se essent parallela. Tum, post bina ista prismata, tertium collocavi; quo lumen e prioribus emergens refringeretur; eaque demum refractione colores, uti fieri solet, in opposito pariete, vel in chartæ albæ plagula modico ultra id prisma intervallo ad excipiendum lumen refractum collocata, depingerentur. His ita dispositis, Parallelopipedon lente circa axem suum convertebam. Cumque contiguæ binorum prismatum facies, radios sibi incidentes jam adeo oblique exciperent, ut radii isti in totum reflecti cœperint: radii, qui in tertio prismate maxime refracti fuerant, chartamque colore violaceo & cæruleo infecerant, iidem jam omnium primi reflexione totali e lumine transmisso tollebantur: dum reliqui adhuc transmitterentur, coloresque, ut antea, viridem, flavum, aureum, & rubrum, in charta depictos exhiberent; Postea autem, continuato binorum prismatum inter se colligatorum motu, reliqui itidem radii reflexione totali, pro sua cujusque refrangibilitate, ordine tollebantur. Itaque lumen, quod e binis prismatibus emersit, compositum erat ex radiis diverse refrangibilibus: quippe e quo radii magis refrangibiles, ma-

nen-

Digitized by Google

nentibus adhuc iis qui minus refrangibiles sint, tolli potuerint. Jam vero id lumen, cum per parallelas solummodo binorum prismatum facies trajectum fuerit; siquam ex unius superficiei refractione mutationem id subiisse fingas; at illam omnem quæcunque est impressionem, jam ex contraria alterius superficiei refractione deposuerit oportet; eoque pacto in pristinum suum statum restitutum esse necesse est; ejusdemque omnino naturæ, ac antequam in ista prismata incideret, jam esse factum. Sequitur igitur, id lumen, etiam antea, æque ac post, quam in prismata incideret, ex radiis diverse refrangibilibus compositum fuisse.

ILLUSTRATIO. In Schemate XXII (*Tab. IV.*) ABC & BCD sunt bina prismata, in parallelopipedi formam colligata; lateribus BC & CB contiguis; lateribus autem AB & CD inter se parallelis. Et HIK est tertium prisma, quo Solis lumen, in cubiculum tenebricosum per foramen F immissum, & deinceps per binorum prismatum facies AB, BC, CB, & CD trajectum, refringitur demum in O ad chartam albam PT, super qua partim ad P majori refractione, partim ad T minori refractione, & partim ad R aliaque media loca refractionibus intermediis fertur. Jam convertendo parallelopipedon ACBD circa axem suum eam in partem, quam denotat ordo literarum A, C, D, B: efficietur ut, quum facies contiguæ BC & CB, radios FM, sibi in M incidentes satis jam oblique excipiant, evanescant continuo e lumine refracto OPT, primo radii maxime refracti OP, (reliquis OR & OT adhuc, ut prius, manentibus;) deinde radii OR reliquique mediocriter refracti, & postremo radii minime omnium refracti OT. Etenim cum facies BC radios sibi incidentes satis jam oblique excipiat; radii isti inde ex toto reflecti incipient ad N; idque ea lege, ut radii maxime refrangibiles omnium primi in totum reflectantur, (quomodo in superiori ante experimento expositum est,) & consequenter primi ad P evanescant necesse sit; reliqui autem, quo ordine in totum reflectuntur ad N, eodem ordine ad R & T evanescant. Itaque radii qui in prismate O maxime refringuntur, tolli possunt e lumine MO, dum reliqui adhuc supersunt: ac proinde id lumen MO compositum est ex radiis diverse refrangibilibus. Et quoniam facies AB & CD inter se parallelæ sunt; & consequenter æqualibus & contrarias in partes factis refractionibus suos ipsarum invicem effectus, quicunque ii fuerint, destruant retexantque necesse est: utique lumen incidens FM necessario ejusdem generis ejusdemque naturæ erit, ac lumen emergens MO; & proinde ipsum itidem ex radiis compositum erit diverse refrangibilibus. Duo ista lumina FM & MO, antequam radii maxime refrangibiles e lumine emergente MO separentur, tum colore tum reliquis omnibus, quantum ego quidem observare potuerim, proprietatibus inter se plane conveniunt. Merito igitur ejusdem esse generis ejusdemque naturæ existimentur: & proinde ambo consimili ratione sunt composita. Verum simul ac primum radii maxime refrangibiles ex toto reflecti cœperint, eoque pacto a lumine emergente MO separari; id lumen continuo colorem suum immutat; albumque cum esset, jam dilutius fit primo & subflavum, deinde aureum, postea rubrum saturatius, & postremo penitus evanescit. Nam postquam radii maxime refrangibiles, qui chartam ad P colore purpureo infecerant, e lumine MO totali reflexione sublati sunt; reliqui colores super charta ad R & T, permixti in lumine MO, conficiunt jam in illo radio colorem subflavum. Cum porro radii cærulei & ex parte etiam virides, qui super charta inter P & R visi fuerant, sublati sunt; reliqui inter R & T (hoc est, flavi, aurei, rubri, & viridium nonnulli,) permixti in lumine MO, conficiunt jam in isto radio colorem aureum. Cum denique, reliquis omnibus reflexione e lumine MO sublatis, radii minime refrangibiles, qui ad T colore rubro saturatiori apparuerant, soli supersunt; horum radiorum jam idem plane color est in lumine MO, qui fuerat eorundem super charta in T: quippe refractio prismatis HIK id solummodo effecerit, ut radii diverse refrangibiles a se invicem separarentur, nequaquam autem ut colores ipsorum ullo modo mutarentur, id quod infra uberius comprobabitur. Quibus omnibus observationibus tam prima propositio, quam secunda, confirmatur.

SCHOLIUM. Si hoc & superius experimentum in unum conjungantur, adhi-

hibendo quartum prisma VXY, (*Fig.* 22. *Tab. IV.*) quo radius reflexus MN refringatur ad *tp*; clarius adhuc sequetur id, quod erat inferendum. Etenim hoc pacto id luminis N*p*, quod in quarto prismate plus quam reliquum lumen refringitur, clarius & illustrius tum efficietur, cum lumen OP, quod in tertio prismate HIK itidem maxime refractum est, evanescet ad P. Postea autem, cum lumen minus refractum OT evanescet ad T, lumen minus refractum N*t* similiter augebitur; dum lumini magis refracto, quod est ad *p*, nulla amplius adferatur accessio. Et sicut radius trajectus MO inter evanescendum semper eum colorem habet, qui ex colorum in chartam PT incidentium permixtione oriri debeat: ita radius reflexus MN semper eum colorem habebit, qui oriri debeat ex illorum colorum permixtione, qui incidant in chartam *pt*. Quando enim radii maxime refrangibiles e lumine trajecto MO totali reflexione sublati sunt, indeque illud lumen coloris aurei evadit: nimia radiorum istorum exinde in lumine reflexo admixta proportio efficit, non modo ut colores violaceus, indicus, & cæruleus, qui sunt ad *p*, densiores clarioresque fiant; verum etiam ut radius MN, amisso colore illo subflavo, qui est Solis luminis color, alborem jam induat ad cæruleum accedentem: Qui tamen idem radius subflavum suum colorem iterum recuperet, simul ut reliquum luminis transmissi MOT itidem reflectatur.

Quoniam igitur in hac tanta experimentorum varietate: sive lumen adhibeatur reflexum; idque vel a corporibus naturalibus, ut in experimentis primo & secundo; vel specularibus, ut in nono: sive lumen adhibeatur refractum; idque vel antequam radii inæqualiter refracti divergendo a se invicem separentur, amissaque ea qua erant universi albitudine, suum jam singuli colorem exhibeant, ut in quinto experimento; vel postquam a se invicem separati sunt coloratique videntur, ut in sexto, septimo, & octavo: sive lumen adhibeatur trajectum per superficies inter se parallelas, quæ suos ipsarum effectus, quicunque ii sint, invicem retexant, ut in experimento decimo: Quoniam, inquam, in hisce omnibus experimentis, semper inveniuntur radii, qui in iisdem incidentiis super unum idemque medium inæqualiter refringantur; idque sine ulla diffissione aut dilatatione radiorum singulorum, ullave refractionum inæqualitate tali, quæ possit casu accidere, ut in experimentis quinto & sexto probavimus: Et quoniam radii, qui inter se refrangibilitate differunt, secerni invicem & segregari possunt; idque vel refractione, ut in tertio experimento; vel reflexione, ut in decimo; tumque varia seorsum radiorum genera, iisdem positis incidentiis, inæqualiter refringuntur; quique ante separandum plus cæteris refringebantur radii, iidem plus etiam postea refringuntur, ut in sexto & sequentibus experimentis; &, si Solis lumen per tria plurave prismata sibi invicem in transversum posita ex ordine refringatur, qui radii in primo prismate plus quam reliqui refracti fuerint, iidem in cæteris quoque omnibus prismatibus consimili proportione plus quam reliqui iterum refringentur; ut ex quinto experimento liquet: Ex his, inquam, omnibus abunde apparet, Solis lumen heterogeneam esse radiorum mixturam, quorum alii magis, alii minus refrangibiles sint; idque certa aliqua ac constanti ratione. Quod erat mihi comprobandum.

PROPOSITIO III. THEOREMA III.

Lumen Solis constat ex radiis, qui reflexibilitate inter se differunt: & qui radii magis refrangibiles sunt, iidem quoque sunt magis reflexibiles.

Liquet hoc ex nono decimoque experimentis. In nono enim experimento, cum prisma circa axem suum usque eo conversum esset, donec radii intra prisma, qui in transeundo e prismate in aerem adhuc a basi ejus refracti fuissent, jam in istam basim adeo oblique inciderent, ut in totum inde reflecti cœperint; ii radii omnium primi in totum reflectebantur, qui ante, iisdem positis omnium incidentiis, ma-

Digitized by Google

maxime fuerant refracti. Hocque idem accidit in reflexione radiorum a communi binorum prismatum basi, in decimo supra experimento memorata.

PROPOSITIO IV. PROBLEMA I.

Separare a se invicem heterogeneos luminis compositi radios.

Radii heterogenei a se invicem quadantenus separati sunt refractione prismatis in tertio experimento: & in quinto experimento, auferendo penumbram a rectilineis coloratæ imaginis lateribus, ea separatio, in illis ipsis rectilineis lateribus sive marginibus imaginis, perfecta fit. Verum in omni parte imaginis inter ista rectilinea latera, innumeri illi circuli in quinto supra experimento descripti, quorum singuli singulis radiorum generibus illuminati sunt, se inter se omni ex parte commiscendo efficiunt, ut lumen satis admodum compositum sit. Quod si jam circulorum illorum diametri, centrorum situ atque intervallis nihil mutatis, diminui possent; utique permixtio ipsorum inter se, & consequenter radiorum heterogeneorum mixtura, consimili proportione diminueretur. Sint enim, in schemate XXIII. (*Tab. V.*) AG, BH, CI, DK, EL, & FM, circuli, quos totidem radiorum genera ex uno eodemque Solis globo fluentia, uti in tertio supra experimento dictum est, singula singulos illuminant: ex quibus omnibus, aliisque innumeris intermediis ordine continuo inter duo rectilinea & parallela oblongæ Solis imaginis PT latera dispositis circulis, imago ista, quomodo in quinto supra experimento exposuimus, composita est. Sintque *ag*, *bh*, *ci*, *dk*, *el*, & *fm*, totidem minores circuli, ordine consimili inter duas parallelas lineas rectas *af* & *gm* dispositi; similibus centrorum suorum intervallis; similibusque, ac majores circuli, radiorum generibus illuminati: hoc est, sit circulus *ag* eodem genere radiorum, ac circulus AG sibi ordine respondens, illuminatus; item circulus *bh* eodem genere radiorum, ac circulus BH; & similiter singuli circuli *ci*, *dk*, *el*, & *fm* comparate, iisdem generibus radiorum, ac circuli CI, DK, EL, & FM. Jam in schemate PT ex circulis majoribus constante, terni istorum circulorum, AG, BH, CI, adeo in se invicem diffusi permiscentur, ut tria radiorum genera quibus circuli isti illuminati sunt, una cum aliis innumeris radiorum intermediorum generibus, inter se ad QR in medio circuli BH penitus commixta sint: & consimilis fere per totam schematis PT longitudinem invenitur permixtio radiorum. Atqui in schemate *pt* ex circulis minoribus constante, terni minores circuli *ag*, *bh*, *ci*, ternis illis majoribus ordine respondentes, non in se invicem diffunduntur; neque ulla sui parte in se commixta habent ne bina quidem ex tribus illis radiorum generibus, quibus hi circuli illuminantur, quæque in altero schemate PT inter se omnia penitus intermixta sunt ad BH.

Qui igitur rem hoc modo consideraverit, is facile intelliget, radiorum permixtionem eadem proportione diminui, ac diametros circulorum. Si, eisdem manentibus centrorum intervallis, diametri circulorum tribus tantis minores fiant, quam fuerant antea; permixtio radiorum itidem tribus tantis minor fiet: Si circulorum diametri decies tanto minores fiant; radiorum permixtio itidem decies tanto minor evadet: & similiter in alia omni proportione. Hoc est, mixtura radiorum in majori schemate PT, ad mixturam eorum in minori *pt*, eam proportionem habebit, quam habet latitudo majoris schematis ad latitudinem minoris. Etenim latitudines horum schematum æquales sunt diametris circulorum. Ex quo facile consequens est, permixtionem radiorum in refracta imagine *pt*, ad permixtionem radiorum in directo & integro Solis lumine, eam proportionem habere, quam habet latitudo istius imaginis ad differentiam longitudinis & latitudinis suæ.

Quare, ut radiorum permixtionem diminuere possimus, diminuendæ sunt diametri circulorum. Hoc autem ita facere poterimus, si Solis diameter, cui isti circuli respondent, minor reddi queat: vel (quod eodem recidit) si foris inter prisma & Solem,

Digitized by Google

lem, magno interjecto intervallo, aliquod opacum corpus ita sit collocatum, ut, intercepto reliquo omni Solis lumine, id duntaxat luminis, quod e medio Solis globo fluit, per parvum rotundum foramen in isto opaco corpore transmittatur ad prisma. Etenim hoc pacto, circuli AG, BH, cæterique eis adjuncti, non jam amplius toti Solis globo respondebunt; sed ei solummodo ipsius parti, quæ e prismate per id foramen cerni possit; hoc est, apparenti magnitudini foraminis istius e prismate spectati. Verum, quo hi circuli magis distincte illi foramini respondeant, lentem insuper prope prisma collocatam oportet, qua foraminis imago (hoc est, unusquisque circulorum AG, BH, *&c.*) distincte in charta PT depingatur; eodem modo ac lente in fenestra collocata, rerum foris objectarum imagines distincte in charta intra cubiculum depictæ exhiberi solent; & quomodo in quinto supra experimento rectilinea oblongæ Solis imaginis latera distincta erant reddita, ac sine penumbra. Atque hoc si fiat; jam nihil necesse erit ut id foramen longe remotum sit, ne quidem ultra fenestram. Quamobrem, loco illius foraminis, foramine in ipso fenestræ operculo, quomodo jam infra exponetur, usus sum.

EXPERIMENTUM XI.

In Solis radio per parvum rotundumque fenestræ operculi foramen in cubiculum tenebricosum immisso, lentem, intervallo circiter decem duodecimve pedum a fenestra, erexi, qua foraminis imago in chartæ albæ plagula, intervallo sex, octo, decem, duodecimve pedum ultra lentem collocata distincte depingeretur. Nam pro varia lentium forma chartam variis interjectis intervallis, quæ singulatim memorare operæ pretium non erit, objiciebam. Deinde, proxime post lentem, prisma interposui; quo lumen trajectum refringeretur vel sursum versus, vel in latus; eoque pacto imago rotunda, quam lens sola in chartam projecerat, jam in oblongam imaginem lateribus inter se parallelis definitam, qualem in tertio supra experimento descripsimus, produceretur. Oblongam istam imaginem alia charta, eodem fere, ac prius, interjecto a prismate intervallo, excepi. Movebam autem chartam ultro citroque usque eo, donec charta & prisma justo inter se spatio distarent, quo rectilinea imaginis latera quam maxime distincta apparerent. Cum enim hoc accideret; rotundæ foraminis imagunculæ, ex quibus tota ista imago eodem modo composita erat ac imago *pt* (*Fig.* 23. *Tab. V.*) ex circulis *ag*, *bh*, *ci*, &c; terminis maxime distinctis finiebantur sine ulla penumbra: ideoque in se invicem quam possent minime commiscebantur; & consequenter radiorum heterogeneorum permixtio jam omnium minima erat. Hoc pacto, ex rotundis foraminis imaginibus, quales sunt *ag*, *bh*, *ci*, &c. oblongam imaginem, qualis est *pt*, (*Fig.* 23. *&* 24,) formare solebam: & ampliando aut minuendo foramen in fenestræ operculo, efficiebam ut rotundæ imagines *ag*, *bh*, *ci*, &c, ex quibus oblonga ea imago composita erat, dilatarentur aut contraherentur, ut mihi libitum esset; indeque ut radiorum mixtura in imagine *pt* tam magna tamve parva esset, quam ipse cuperem.

ILLUSTRATIO. In schemate XXIV (*Tab V.*) F repræsentat rotundum foramen in fenestræ operculo: MN lentem, qua imago istius foraminis distincte in charta I depicta exhibetur; ABC prisma, quo radii, simul ut e lente emerserint, refringuntur ab I ad aliam chartam *pt*; ibique rotunda imago I convertitur in oblongam imaginem *pt*. Ea imago *pt* constat ex circulis in una eademque linea recta ordine continuo dispositis; quomodo in quinto supra experimento satis explicatum est. Qui quidem circuli, æquales sunt circulo I; & consequenter foramini F magnitudine respondent. Quamobrem minuendo id foramen, hi circuli, iisdem adhuc manentibus centrorum intervallis, in quam libuerit parvitatem contrahi poterunt. Atque hoc quidem pacto effeci, ut latitudo imaginis istius *pt*, quadraginta vel etiam sexaginta interdum aut septuaginta partibus superaretur longitudine sua. Exempli gratia:

Digitized by Google

tia: si latitudo foraminis F sit $\frac{1}{10}$ unciæ; & M F intervallum, quo foramen & lens inter se distant, sit 12 pedum; & *p* B, aut *p* M, distantia imaginis *p t* a prismate aut lente, sit 10 pedum; & angulus refringens prismatis 62 graduum: utique latitudo imaginis *p t* erit $\frac{1}{12}$ unciæ, longitudo autem ejus circiter sex ipsas uncias complectetur. Quare longitudo ejus ad latitudinem erit, ut 72 ad 1: & consequenter lumen hujus imaginis semel & septuagies tanto, quam directum Solis lumen, minus erit compositum. Hujusmodi autem lumen, satis quidem simplex & homogeneum æstimari possit, ad omnia experimenta quæ in hoc libello circa lumen simplex versari videantur. Etenim adeo pusillum est quod in hoc lumine admixtum sit radiorum heterogeneorum, ut sensu percipi vix possit: nisi forte in coloribus indico & violaceo; quibus, ut sunt colorum fusciores, perpaululum id quoquoversus dispersi luminis, quod prismatis inæqualitatibus irregulariter refringi solet, facile aliquam immutationem adferre queat.

Attamen, loco rotundi foraminis F, melius adhiberi poterit foramen oblongum, forma oblongi parallelogrammi, cujus longitudo parallela sit prismati A B C. Si enim hujusmodi foramen, longum sit uncia una aut duabus; latum autem $\frac{1}{10}$ solummodo aut $\frac{1}{20}$ unciæ, aut etiam minus eo: lumen imaginis *p t* æque, vel etiam magis, quam in priori casu, simplex erit; simulque imago latior multo, & proinde ad experimenta aptior.

Porro, foraminis hujusce parallelogrammi loco, adhiberi poterit foramen triangulum, binis lateribus inter se æqualibus; cujus basis, exempli gratia, sit circiter $\frac{1}{10}$ unciæ; altitudo autem uncia una, aut plus eo. Etenim hoc pacto, si prismatis axis sit parallelus ad trianguli perpendicularem, imago *p t* (*Fig.* 25. *Tab. V.*) jam composita erit ex triangulis æquicruris *a g*, *b h*, *c i*, *d k*, *e l*, *f m*, &c. aliisque innumeris intermediis triangulis, foramini triangulari forma & magnitudine respondentibus, & inter duas lineas parallelas *a f* & *g m* ordine continuo dispositis. Quæ quidem triangula a basibus suis nonnihil inter se commixta erunt; a verticibus autem, nequaquam. Quare lumen a clariori imaginis latere *a f*, ubi triangulorum bases sitæ sunt, erit quidem aliquantum compositum; a latere obscuriori autem *g m*, plane simplicissimum; & in omni parte imaginis inter ista latera, pro eo ut a latere obscuriori *g m* distet, magis minusve compositum. Atque talem quidem imaginem *p t*, ubi semel comparaveris; varia experimenta capere licebit, vel in clariori ac minus simplici ipsius lumine a latere *a f*, vel in obscuriori ac simpliciori lumine a latere *g m*, ut libitum fuerit.

Verum in hujusmodi experimentis capiundis, id omnino agendum est, ut cubiculum quam possit maxime tenebricosum fiat; nequid luminis sese imaginis *p t* lumini extrinsecus admiscens compositum id reddat: & prælertim, si experimenta capiunda sunt in simpliciori isto lumine, quod est a latere *g m*; quod, cum debilius languidiusque sit, utique minorem proportionem habebit ad lumen extrinsecus adveniens, & proinde admixtione illius luminis magis interturbabitur compositumque reddetur. Oportet etiam ut lens sit bona, qualis in conspicillis tubulatis adhiberi solet: insuper ut prisma sit angulo largiori, puta 65 aut 70 graduum; beneque factum, ex vitro bullis venulisque immuni, & faciebus non, ut fit, convexis aliquantum aut concavis, sed accurate planis: item ut summa cum cura perpolitum sit, quomodo vitra ad conspicilla tubulata poliuntur; non autem, uti vulgo fit, stanno usto solummodo leviter defrictum; quo cum foraminum ab arena restantium margines detriti sint, vitri facies adhuc innumeris perparvis lævibusque prominentiis aliquantillum convexis undatim crispa manet. Præterea, prismatis acies angulatæ, lentisque extremitates, quatenus irregularem aliquam refractionem efficere possent, charta nigra adglutinata obtegi debent. Radiique solaris in cubiculum transmissi lumen id omne, quod ad experimentum erit inutile, charta nigra aliove aliquo nigro objecto corpore omnino intercipiendum est. Alioqui enim lumen id inutile, qua-

D qua-

quaversus in cubiculo reflexum, immiscebit sese imagini oblongæ, eamque nonnihil interturbabit. Cæterum ad hæc experimenta non equidem prorsus necessariam esse dixerim tantam, quantam in præsenti imperasse videar, diligentiam: Quanquam ad id sane, ut feliciter procedant experimenta, permultum conferet; ideoque si quis accuratius & curiosius naturam speculari velit, is certe tantam diligentiam non sine fructu uberiori adhibebit. Verum enimvero prismata ex vitro solida, quæ hujusmodi experimentis capiendis satis idonea sunt, comparare perdifficile est: Quamobrem ipse vasis ex speculorum confractorum partibus in formam prismatum, conclusa intus aqua pluvia, compactis, nonnunquam usus sum; & ad augendam refractionem, aquam interdum Saccharo Saturni copiose imbuebam.

PROPOSITIO V. THEOREMA IV.

Lumen homogeneum regulariter, sine ulla dilatatione, diffissione, aut discussione radiorum, refringitur: Et confusior ille objectorum lumine heterogeneo per corpora refringentia visorum aspectus, oritur ex diversa refrangibilitate radiorum diversorum generum.

Prima pars hujus propositionis jam ante in quinto experimento satis comprobata fuit; & ex his, quæ sequuntur, experimentis amplius manifesta fiet.

EXPERIMENTUM XII.

Chartam nigram, in qua foramen rotundum erat diametro circiter quintam aut sextam unciæ partem longa, ita collocavi, ut ea imaginem ex lumine homogeneo talem, qualem in præcedente propositione descripsimus, sic exciperet, ut luminis pars aliqua per foramen ipsius transmitteretur. Dein luminis partem eam, quæ per chartæ foramen transmissa esset, prismate post illam chartam collocato ita refregi, ut deinceps in chartam albam, interjecto duorum triumve pedum intervallo, ad perpendiculum incideret. Quibus ita dispositis, observavi imaginem super charta alba refractione luminis illius homogenei depictam, non jam oblongam esse, ut cum (in tertio experimento) luminis solaris compositi refractione depingeretur; sed, (quantum oculis quidem judicare potuerim,) longitudine & latitudine inter se æqualibus, plane rotundam. Ex quo apparet, hoc lumen regulariter refractum esse, sine ulla dilatatione radiorum.

EXPERIMENTUM XIII.

In lumine homogeneo circulum chartaceum, diametro $\frac{1}{4}$ unciæ longa, collocavi; & in albo heterogeneo Solis lumine nondum refracto, alium circulum chartaceum, eadem magnitudine, similiter posui. Tum, interjecto aliquot pedum intervallo, utrumque horum circulorum per prisma oculis admotum inspexi. Circulus is, qui heterogeneo Solis lumine illuminabatur, oblongus valde, sicuti in quarto experimento, videbatur; adeo ut latitudo ejus multis partibus superaretur longitudine sua: Circulus autem is, qui lumine homogeneo illuminabatur, plane rotundus videbatur; & distinctis terminis definitus; ut quum nudis oculis inspiceretur. Quo experimento utraque pars hujus propositionis comprobatur.

EXPERIMENTUM XIV.

Cum muscas aliaque id genus minuta corpora, in homogeneo lumine collocata, per prisma inspicerem; partes ipsorum videbam tam distincte definitas, ac si nudis ea oculis aspexissem. Cum autem eadem corpora, in albo heterogeneo Solis lumine nondum refracto collocata, per prisma similiter inspicerem; valde confusis termi-

Digitized by Google

minis definita videbantur; adeo ut minutiores ipsorum partes discernere & internoscere haud potuerim. Similiter cum litterulas minutiores libro impressas, primo in lumine homogeneo, deinde in heterogeneo collocatas, per prisma inspicerem; in posteriori lumine tam confusæ tamque indistinctæ videbantur, ut legi non possent; in priori autem adeo distinctæ, ut & facillime legi possent, & plane nihilo minus distincte cerni, quam si nudis oculis aspicerentur. In utroque casu easdem res objectas, eodem situ positas, per idem prisma, & eodem intervallo interjecto, conspicatus sum. Nihil quicquam prorsus inter se differebant, nisi quod lumine diverso illuminabantur; quod quidem lumen uno in casu simplex erat, in altero compositum. Quare corpora ista objecta, quamobrem in priori casu tam distincte, in posteriori tam confuse cernerentur, nihil aliud plane in causa esse potuit, præter luminum solummodo differentiam. Quo itidem tota propositio comprobatur.

Porro in tribus hisce experimentis, id etiam notatu erat dignissimum; homogenei luminis colorem refractione nihil fuisse immutatum.

PROPOSITIO VI. THEOREMA V.

Sinus incidentiæ cujusque radii seorsum est ad sinum refractionis suæ in data ratione.

Unumquemque radium seorsum, certa ac constanti aliqua ratione refrangibilem esse, ex iis quæ dicta sunt, satis est manifestum. Qui radii in prima refractione, iisdem positis omnium incidentiis, maxime refringuntur; ii in sequentibus itidem refractionibus, iisdem positis incidentiis, iterum maxime refringuntur: similique ratione radii minime refrangibiles, & quicunque sunt medio aliquo refrangibilitatis gradu; uti ex V, VI, VII, VIII, & IX experimentis liquet. Porro qui radii in prima refractione, iisdem positis omnium incidentiis, æqualiter refringuntur; ii iterum, iisdem positis incidentiis, æqualiter & uniformiter refringuntur: idque sive refringantur antequam a se invicem separati fuerint, ut in quinto experimento; sive postquam separati fuerint, ut in experimentis 12, 13, & 14. Itaque refractio cujusque radii seorsum fit ad certam aliquam constantemque regulam: ea autem regula quæ sit, restat ut jam deinceps ostendamus.

Nuperi de rebus Opticis scriptores docent, sinus incidentiæ ad sinus refractionis esse in data proportione; uti in quinto axiomate expositum est: & nonnulli instrumentis ad refractiones mensurandas, aut alia aliqua ratione hanc proportionem experimentis computantes, asseruerunt se eam invenisse accuratam. Verum dum illi, nondum intellecta diversa radiorum diversorum refrangibilitate, crediderunt radios una eademque proportione refringi universos; existimandum est, eos mensuras ad partem mediam solummodo luminis refracti accommodasse: adeo ut ex illorum mensuris hoc solum concludi possit; radios, qui sunt medio refrangibilitatis gradu, hoc est, qui, cum a reliquis separati sint, virides videntur, eos in data sinuum proportione refringi: reliquos autem omnes, itidem secundum datas sinuum proportiones refringi; id nobis jam restat comprobandum. Equidem, rem ita se habere debere, admodum est credibile & rationi consentaneum; quandoquidem natura semper est sui similis. Verum probatio ab experimentis desumenda requiritur. Atque talem quidem probationem ita adferemus, si ostendere poterimus, sinus refractionis radiorum diverse refrangibilium esse ad se invicem in data proportione, quando sinus incidentiæ sunt inter se æquales. Etenim si sinus refractionis omnium radiorum sint in datis proportionibus ad sinum refractionis alicujus radii; qui sit medio refrangibilitatis gradu; isque sinus sit in data proportione ad incidentiæ sinus inter se æquales; utique reliqui isti refractionis sinus erunt itidem in datis proportionibus ad sinus incidentiæ inter se æquales. Jam autem sinus refractionis esse ad se invicem in data proportione, quando sinus incidentiæ sunt inter se æquales; ex sequenti experimento apparebit.

Digitized by Google

EXPERIMENTUM XV.

Per parvum rotundum foramen in fenestræ operculo, transmittatur in cubiculum tenebricosum radius Solis. Sit S (*Fig. 26. Tab. V.*) alba & rotunda Solis imago, directo suo lumine in oppositum parietem depicta. Sit P T oblonga & colorata imago, quæ fiat refringendo id lumen per prisma in fenestra positum. Sit denique *p t*, vel 2 *p* 2 *t*, vel 3 *p* 3 *t*, oblonga & colorata imago ea, quæ fiat refringendo iterum idem lumen in latus per alterum prisma proxime post primum situ transverso collocatum; quomodo in quinto supra experimento explicatum est. Hoc est, sit ea imago, cum refractio secundi prismatis minor sit, *p t*, cum refractio ejusdem major sit, 2 *p* 2 *t*; cum maxima, 3 *p* 3 *t*. Etenim ea erit refractionum diversitas, si angulus refringens secundi prismatis sit varia magnitudine; puta quindecim aut viginti graduum, quum imago sit *p t*; triginta aut quadraginta, quum 2 *p* 2 *t*; & sexaginta, quum 3 *p* 3 *t*. Verum enimvero defectu prismatum ex vitro solidorum, quorum anguli ea sint qua oporteat magnitudine; comparari poterunt vasa ex politis vitri lamellis in formam prismatum, conclusa intus aqua, conglutinatis. His ita dispositis, observabam omnes Solis imagines coloratas, P T, *p t*, 2 *p* 2 *t*, 3 *p* 3 *t*, convergere quam proxime ad eum ipsum locum S, quo directum Solis lumen, quando, sublatis prismatibus, albam rotundamque in pariete Solis imaginem depingeret, incidebat. Axis imaginis P T productus; hoc est, linea ita per mediam imaginem P T ducta, ut rectilineis ipsius lateribus parallela esset; transibat deinceps per medium ipsum istius albæ ac rotundæ imaginis S. Cumque refractio secundi prismatis, æqualis esset refractioni prioris; quippe quorum anguli refringentes essent circiter sexagenum graduum; axis imaginis 3 *p* 3 *t* ista refractione effictæ, ipse itidem productus transibat per medium ejusdem albæ rotundæque imaginis S. Cum autem refractio secundi prismatis minor esset refractione prioris; axes producti imaginum *t p* aut 2 *t* 2 *p* ista refractione effictarum, intersecabant jam in punctis *m* & *n*, paulo ultra centrum albæ rotundæque imaginis S, axem productum imaginis P T. Unde proportio lineæ 3 *t* T ad lineam 3 *p* P, paulo major erat quam lineæ 2 *t* T ad lineam 2 *p* P; hæcque itidem paulo major, quam lineæ *t* T ad lineam *p* P. Jam quum lumen imaginis P T incidat in parietem ad perpendiculum; lineæ istæ 3 *t* T, 3 *p* P; & 2 *t* T, 2 *p* P; & *t* T, *p* P, sunt *Tangentes* refractionum. Quare ex hoc experimento, proportiones tangentium refractionum inveniantur; Unde & sinuum proportiones collectæ, æquales reperiuntur; quantum quidem, imagines intuendo, & mathematicam quandam ratiocinationem adhibendo, judicare potuerim: Non enim accurate calculum ponebam. Itaque propositio nostra, quantum ab experimentis colligitur, in unoquoque seorsum radio vera esse apparet. Veram autem eam esse, accuratissime etiam demonstrari potest ex hac suppositione; *corpora lumen refringere, agendo in radios ejus in lineis ad superficies suas perpendicularibus*. Verum, quo hæc demonstratio recte procedat, distinguendus est motus cujusque radii in duos motus, quorum alter superficiei refringenti perpendicularis sit, alter eidem parallelus, & de motu quidem eo qui est perpendicularis, subjicienda est propositio sequens.

Si quis motus, aut corpus motum quodcunque, incidat quavis velocitate in quodvis latum & tenue spatium, duobus planis parallelis utrinque terminatum; inque transitu suo per istud spatium, urgeatur perpendiculariter versus ulterius planum quavis vi, quæ, datis distantiis ab isto plano, sit datarum quantitatum: Perpendicularis velocitas istius motus, aut corporis, tum cum emerget ex eo spatio, semper æqualis erit radici summæ ejusce, quæ composita sit ex quadrato perpendicularis velocitatis quam habebat ille motus, aut corpus, tum cum incideret in illud spatium; & ex quadrato perpendicularis velocitatis quam idem motus, aut corpus, haberet tum, cum emergeret, si perpendicularis ejus velocitas tum, cum incideret, infinite parva fuisset.

Ea-

Digitized by Google

Eadem autem propofitio fimiliter vera erit de quovis motu, aut corpore, perpendiculariter retardato in tranfitu fuo per iftud fpatium; fi loco fummæ binorum quadratorum, differentiam ipforum fumas. Demonftrationem facile invenient mathematici; ideoque, ne lectorem diftineam, eam hic non apponam.

Finge jam radium aliquem obliquiffime in linea M C (*Fig.* 1. *Tab. I.*) incidentem, refringi ad C a Plano R S in lineam C N: &, fi linea C E, in quam alius quilibet radius A C refringi debeat, quæ fit, quæratur; fint M C, A D, finus incidentiæ duorum iftorum radiorum; & N G, E F, eorundem finus refractionis; & exponantur æquales radiorum incidentium motus per lineas inter fe æquales M C & A C. Tum, motu M C ad planum refringens parallelo exiftente, diftinguatur motus alter A C in duos motus A D & D C, quorum alter A D parallelus, alter autem D C perpendicularis fit ad fuperficiem refringentem. Similiter diftinguantur motus emergentium radiorum in binos motus; quorum ii, qui funt perpendiculares, fint $\frac{MC}{NG}$ C G, & $\frac{AD}{EF}$ C F. Quod fi vis plani refringentis incipiat agere in radios vel jam in ipfo plano, vel certo interjecto intervallo, ex una parte; definatque certo interjecto intervallo ex altera parte; & in omnibus locis intra iftos limites fitis, agat in radios in lineis fuperficiei ifti refringenti perpendicularibus; actionefque ejus in radios, in diftantiis æqualibus a plano refringente, æquales fint; in diftantiis autem inæqualibus, vel æquales fint, vel certa qualibet proportione inæquales: utique motus radii is, qui fit plano refringenti parallelus, nullam omnino ab ifta vi mutationem patietur; motus autem is, qui fit plano eidem perpendicularis, mutabitur fecundum propofitionis jam expofitæ rationem. Itaque fi perpendicularis velocitas radii emergentis C N exponatur per $\frac{MC}{NG}$ CG, ut fupra; perpendicularis velocitas alterius cujufvis radii emergentis C E, quæ erat $\frac{AD}{EF}$ CF, erit æqualis radici Summæ quadratorum C D q + $\frac{MCq}{NGq}$ C G q. Quæ quidem æqualia fi quadraveris jam, eifque addas æqualia A D q & M C q — C D q, dividafque fummas per æqualia C F q + E F q & C G q + N G q, habebis $\frac{ADq}{EFq}$ æquale $\frac{MCq}{NGq}$. Unde A D, finus incidentiæ, fit ad E F, finum refractionis, ut M C ad N G: hoc eft, in data ratione. Et quoniam hæc demonftratio univerfalis eft; in qua nec quid fit lumen, nec quali vi refringatur, nec aliud omnino quicquam pofuerim, præter id folum; *corpus refringens agere in radios in lineis fuperficiei fuæ perpendicularibus*: utique veritatem hujufce propofitionis certiffimam videtur evincere.

Quare, fi ratio finuum incidentiæ & refractionis cujufvis generis radiorum in uno aliquo cafu inventa fuerit; inventa erit in omnibus. Ea autem quæ fit, methodo in fequenti propofitione tradenda, facile colligi poterit.

PROPOSITIO VII. THEOREMA VI.

Confpicilla tubulata quominus omnibus numeris perfecta conftrui queant, facit diverfa radiorum luminis refrangibilitas.

CONfpicilla tubulata quominus omnibus numeris perfecta conftrui potuerint, fphæricæ vitrorum figuræ vulgo in caufa fuiffe creduntur: ideoque id fibi propofuerunt mathematici, ut vitra in conicarum fectionum figuras tornarent. Verum ut eos in errore hac in parte verfari oftenderem, propofitionem hancce adjeci. Quæ quam vera fit, ex menfuris refractionum diverforum generum radiorum apparebit. Eæ autem quæ fint, hac ratione definio.

In

Digitized by Google

In tertio experimento hujus *Partis*, ubi angulus refringens prismatis erat graduum $62\frac{1}{2}$, dimidium istius anguli, hoc est, 31 gradus & 15 minuta, est angulus incidentiæ radiorum in aerem e vitro egredientium; & sinus istius anguli, est 5188 earum partium, quarum radius complectitur 10000. Cum axis hujus prismatis horizonti parallelus esset; refractioque radiorum in prisma incidentium, refractioni eorundem e prismate exeuntium, æqualis esset: observabam, ope quadrantis, angulum quem radii mediocriter refrangibiles (hoc est, ii qui ad medium coloratæ Solis imaginis irent,) cum horizonte continerent: Ex hoc autem angulo, & altitudine Solis eodem tempore observata, comperiebam angulum, quem radii emergentes & incidentes inter se continerent, esse 44 graduum ac 40 minutorum; cujus quidem anguli dimidium, additum angulo incidentiæ, qui erat 31 graduum & 15 minutorum, conficit angulum refractionis; qui proinde fit 53 graduum ac 35 minutorum, ejusque sinus 8047. Hi sunt sinus incidentiæ & refractionis radiorum mediocriter refrangibilium; eorumque proportio inter se, in numeris integris, est ut 20 ad 31. Vitrum, e quo hoc prisma constabat, colore erat ad viridem descendente. Ultimum autem prismatum in tertio experimento memoratorum, e vitro erat admodum pellucido candidoque. Ejus angulus refringens erat gradum $63\frac{1}{2}$. Angulus, quem radii emergentes & incidentes inter se continebant, 45 grad. 50 min. Sinus dimidii primi anguli, 5262. Sinus dimidiæ summæ angulorum, 8157. Proportio autem ipsorum inter se erat, ut prius, in numeris integris, ut 20 ad 31.

Si de longitudine imaginis, quæ erat unciarum circiter $9\frac{3}{4}$ aut 10, subducatur ejusdem latitudo, quæ erat unciarum $2\frac{1}{8}$; residuum, quod est unciæ $7\frac{3}{4}$, erit longitudo, quam eadem imago ita esset habitura, si Solis globus unum solummodo punctum foret. Itaque hæ unciæ $7\frac{3}{4}$ subtendunt angulum, quem radiorum maxime minimeque refrangibiles, qui in unis eisdemque lineis in prisma inciderant, inter se jam, postquam emerserint, continent. Quare iste angulus, est 2 grad. 0′, 7″. Etenim intervallum, quo imago & prisma, ubi iste angulus constituitur, inter se distabant, erat pedum $18\frac{1}{2}$; quo interjecto intervallo, chorda uncias $7\frac{3}{4}$ longa subtendit angulum 2 graduum, 0′, 7″. Dimidium autem istius anguli est angulus, quem hi maxime minimeve refrangibiles radii emergentes continent cum radiis mediocriter refrangibilibus emergentibus: & quarta ejusdem pars, hoc est, 30′, 2″, haberi potest angulus, quem iidem radii cum radiis illis mediocriter refrangibilibus emergentibus contenturi essent, si intra vitrum cum eis conjuncti fuissent, nec ante emergendum ullam passi fuissent refractionem. Si enim duæ æquales refractiones, quarum altera sit radiorum in prisma incidentium, altera emergentium, constituunt dimidium anguli 2 grad. 0′, 7″: utique una illarum refractionum efficiet circiter quartam partem ejusdem anguli. Atque hæc quidem quarta pars si adjiciatur jam ad angulum refractionis radiorum mediocriter refrangibilium, qui erat 53 grad. 35; & de eodem subducatur; conficiet angulos refractionis radiorum & maxime & minime refrangibilium, 54 grad. 5′, 2″; & 53 grad. 4′, 58″: quorum angulorum sinus sunt 8099 & 7995: cum communis angulus incidentiæ, esset 31 grad. 15; ejusque sinus, 5188. Et hi quidem sinus, in minimis numeris integris, sunt inter se ut 78 & 77 ad 50.

Jam si de sinibus refractionis 77 & 78, communem incidentiæ sinum 50 subducas; residua 27 & 28 ostendunt, in parvis refractionibus refractionem radiorum minime refrangibilium esse ad refractionem maxime refrangibilium, ut 27 ad 28 quam proxime; refractionumque differentiam in radiis minime maximeque refrangibilibus, esse circiter $27\frac{1}{2}$*am* partem totius refractionis radiorum mediocriter refrangibilium.

Unde Optices periti facile intelligent, latitudinem minimi rotundi spatii, in quod vitra objectiva conspicillorum tubulatorum colligere possint omnia genera radiorum inter se parallelorum, esse circiter $27\frac{1}{2}$*am* partem dimidiæ aperturæ vitri, aut 55*am*

par-

Digitized by Google

partem totius aperturæ; focumque radiorum maxime refrangibilium proprius a vitro objectivo abesse, quam focum minime refrangibilium, parte circiter $27\frac{1}{2}$ ejus totius intervalli, quo vitrum objectivum & focus radiorum mediocriter refrangibilium inter se distant.

Quod si radii omnium generum, fluentes ex uno quovis puncto lucido in axe lentis cujusvis convexæ sito, cogantur refractione istius lentis in puncta non nimium remota a lente; focus radiorum maxime refrangibilium jam propius a lente aberit, quam focus minime refrangibilium, eo intervallo, quod sit ad $27\frac{1}{2}$*am* partem distantiæ foci radiorum mediocriter refrangibilium a lente, ut distantia inter focum istum & punctum lucidum a quo radii fluunt, ad distantiam inter id punctum lucidum & lentem ipsam quam proxime.

Jam autem ut examinarem, utrum differentia refractionum, quas radii maxime minimeque refrangibiles ex uno eodemque puncto fluentes, in vitris objectivis conspicillorum tubulatorum aliisque id genus vitris patiuntur, tanta sit revera, quantam modo descripserim, necne; subjectum excogitavi experimentum.

EXPERIMENTUM XVI.

Lens, qua in secundo & octavo experimentis usus fueram, intervallo sex pedum uniusque unciæ a quovis objecto collocata, colligebat imaginem istius objecti, per radios mediocriter refrangibiles, eodem interjecto sex pedum uniusque unciæ intervallo ex altera parte. Quamobrem, ex regula antedicta, colligere debet eandem imaginem per radios minime refrangibiles, intervallo pedum sex, unciarumque $3\frac{2}{3}$; per radios autem maxime refrangibiles, intervallo pedum quinque unciarumque $10\frac{1}{3}$: adeo ut inter duo loca, in quibus radii minime maximeque refrangibiles istam imaginem exhibeant, intervallum sit unciarum circiter $5\frac{1}{3}$. Etenim, secundum illam regulam; quam proportionem habent sex pedes & uncia una, (intervallum quo lens & corpus lucidum objectum inter se distant,) ad duodecim pedes duasque uncias, (quo intervallo corpus lucidum objectum & focus radiorum mediocriter refrangibilium inter se distant;) hoc est, quam proportionem habet unum ad duo; eandem habet pars $27\frac{1}{2}$ sex pedum uniusque unciæ, (intervalli quo lens & iste focus inter se distant;) ad intervallum quo radiorum maxime minimeque refrangibilium foci inter se distant: quod proinde intervallum sit unciarum $5\frac{17}{55}$; hoc est, unciarum $5\frac{1}{3}$ quam proxime. Jam ut invenirem utrum hæc mensura esset vera, necne; experimenta secundum & octavum in lumine colorato, quod multo, quam id quo tum usus eram, minus esset compositum, iterabam: jam enim radios heterogeneos a se invicem ea ratione, quæ in undecimo experimento descripta est, separaveram; adeo ut imago colorata, duodecim circiter aut quindecim partibus longior facta esset quam latior. Imaginem istam libro literis impresso excipiebam. Cumque lentem supra memoratam, interjecto sex pedum uniusque unciæ intervallo, collocassem; quo literarum illuminatarum imago, eodem iterum intervallo ex altera parte colligeretur; observabam imaginem literarum colore cæruleo illuminatarum propius a lente abesse, quam literarum rubro saturo illuminatarum, intervallo circiter unciarum trium aut $3\frac{1}{4}$: verum literarum colore indico & violaceo illuminatarum imago adeo confusa minimeque distincta videbatur, ut eæ legi non possent. Quare prisma inspiciens comperiebam, id venulis ab una vitri extremitate ad alteram pertingentibus undique crispum esse; adeo ut refractio nequaquam regularis esse potuerit. Aliud itaque prisma, venulis immune, accepi; & literarum loco duas tresve lineas nigras inter se parallelas & literarum ductibus paulo grandiores adhibebam: quibus cum colores ita superinjecissem, ut ab una

Digitized by Google

imaginis extremitate ad alteram hæ lineæ per colores ductæ viderentur; observabam focum, ubi color indicus, sive confinium indici & violacei, linearum nigrarum imagines maxime distinctas exhiberet, intervallo circiter unciarum 4 aut $4\frac{1}{4}$ propius a lente abesse, quam focum ubi color ruber extremus & saturatissimus imagines earundem linearum nigrarum maxime distinctas exhibebat. Color violaceus adeo debilis fuit & obscurus, ut in eo linearum imagines distincte discernere haud potuerim. Quare, cum prisma, quo utebar, e vitro esset subviridi & minus pellucido; aliud adhuc prisma accepi, quod esset e vitro admodum pellucido candidoque. Verum, hoc prismate adhibito, longæ jam albæque luminis debilioris radiationes se ex utraque imaginis coloratæ extremitate emittebant: unde concludebam, necdum omnia recte esse comparata. Prisma igitur attentius inspiciens, duas tresve bullulas in vitro observabam, quibus lumen irregulariter refringebatur. Quocirca eam partem vitri, in qua hæ bullulæ inessent, charta nigra obtegebam; lumineque per aliam vitri partem bullulis immunem transmisso, imago colorata immunis jam ab irregularibus illis radiationibus apparebat; eaque fere erat, quam optarem. Veruntamen adhuc color violaceus adeo obscurus debilisque fuit, ut in eo linearum imagines vix, & in obscuriori ipsius parte, prope imaginis extremitatem, omnino haud discernere potuerim. Suspicabar igitur obscurum hunc debilemque colorem, admixtum sibi habere posse aliquid luminis illius quaquaversum dispersi, quod partim bullulis quibusdam perparvis intra vitrum latentibus, partim vitri facierum haud satis accurate perpolitarum inæqualitatibus, irregulariter refringeretur & reflecteretur: quod quidem lumen, quamvis parvum, tamen subalbidum cum esset, sensum satis fortiter, ad interturbanda debilis illius & obscuri coloris violacei Phænomena, afficere posset. Quamobrem explorabam, quomodo in 12, 13, & 14 experimentis expositum est, annon hoc lumen violaceum constaret ex sensibili mixtura radiorum heterogeneorum. Verum apparebat, non ita se id habere. Neque enim refractiones ex hoc violaceo lumine alium ullum colorem, qui quidem sensu percipi posset, præter unum violaceum, eliciebant; uti ex albo lumine omnino elicuissent; & consequenter ex hoc violaceo lumine similiter elicuissent, si id ex albo lumine, ita ut res sub sensum caderet, compositum fuisset. Concludebam itaque, obscuritatem solummodo hujusce coloris, & luminis sui tenuitatem, nimiamque ab axe lentis distantiam, in causa fuisse, quamobrem linearum imagines in eo distincte discernere haud potuerim. Quocirca nigras istas lineas parallelas in partes inter se æquales dividebam; quo facilius, quibus intervallis colores in imagine inter se distarent, cognoscerem: cumque notassem quantis itidem intervallis foci colorum eorum, in quibus linearum imagines distincte cernebantur, a lente distarent; in id deinceps inquirebam, utrum differentia horum intervallorum eandem habeat proportionem ad uncias $5\frac{1}{3}$, hoc est, ad maximam differentiam intervallorum quibus foci colorum extremorum rubri & violacei a lente distare debent, ac habet colorum in imagine observatorum distantia inter se, ad maximum itidem intervallum (in rectilineis imaginis lateribus dimensum) quo colores extremi ruber & violaceus in imagine inter se distant, hoc est, ad longitudinem rectilineorum imaginis laterum, sive spatium quo longitudo imaginis exsuperat latitudinem suam. Quæ autem observaverim, hujusmodi fuerunt.

Cum observarem interque se compararem colorem rubrum saturatissimum extimumque, qui sensu percipi posset; & colorem eum, qui in confinibus viridis & cærulei positus, distabat a rubro, in rectilineis imaginis lateribus, dimidia parte longitudinis istorum laterum: focus ubi confinium coloris viridis & cærulei, imagines linearum distincte super charta exhibebat, propius a lente distabat, quam focus ubi color ruber imagines earundem linearum distincte exhibebat; intervallo circiter unciarum $2\frac{1}{2}$ aut $2\frac{1}{4}$. Mensuræ enim interdum paulo majores erant, interdum paulo minores; raro autem inter se differebant amplius $\frac{1}{3}$ unciæ. Etenim difficillimum

erat

erat focos, quo in loco ſiti eſſent, accuratiſſime ſine omni errore definire. Jam vero ſi colores dimidia longitudine imaginis inter ſe diſtantes, (in rectilineis nimirum imaginis lateribus dimenſi,) faciunt ut differentia intervallorum, quibus foci ſui a lente diſtant, ſit unciarum $2\frac{1}{2}$ aut $2\frac{3}{4}$; utique colores tota imaginis longitudine inter ſe diſtantes, facere debebunt ut differentia intervallorum, quibus foci ſui a lente diſtent, ſit unciarum 5 aut $5\frac{1}{2}$.

Verum id hic obſervandum eſt, me non potuiſſe videre colorem rubrum ad uſque ipſam imaginis extremitatem, ſed duntaxat ad centrum ſemicirculi quo iſta extremitas terminaretur, aut paulo ultra id. Quare colorem iſtum rubrum comparabam, non cum colore eo qui eſſet accurate in media imagine, ſive in ipſis confinibus viridis & cærulei; ſed cum eo colore, qui ad cæruleum paulo magis, quam ad viridem accederet. Et quemadmodum computabam totam colorum longitudinem non eam eſſe, quæ eſſet tota imaginis longitudo; ſed eam duntaxat, quæ eſſet longitudo rectilineorum ipſius laterum: ita, ſemicircularibus extremis jam in integros circulos abſolutis; quum alteruter e duobus obſervatis coloribus intra iſtos circulos caderet, dimetiebar diſtantiam ejuſce coloris a ſemicirculari imaginis extremitate, &, ſubducto dimidio iſtius diſtantiæ de menſurata duorum colorum diſtantia inter ſe, reſiduum pro correcta ipſorum diſtantia inter ſe accepi; inque his obſervationibus correctam iſtam diſtantiam, pro differentia intervallorum quibus foci ſui a lente diſtarent, annotavi. Quemadmodum enim longitudo rectilineorum imaginis laterum, futura eſſet ipſa colorum omnium tota longitudo, ſi circuli, ex quibus (uti ſupra oſtenſum eſt) ea imago compoſita eſt, in puncta phyſica contracti forent: ſic, in eo caſu, correcta illa diſtantia binorum quorumvis obſervatorum colorum, vera eſſet futura diſtantia ipſorum inter ſe.

Cum igitur porro obſervarem, interque ſe compararem, colorem rubrum extremum qui ſenſu percipi poſſet, & cæruleum illum, quorum correcta diſtantia inter ſe eſſet $\frac{7}{12}$ partes longitudinis rectilineorum imaginis laterum: differentia intervallorum quibus foci ſui a lente diſtarent, erat circiter unciarum $3\frac{1}{4}$. Jam autem ut 7 ad 12, ita $3\frac{1}{4}$ ad $5\frac{4}{7}$.

Cum obſervarem colorem rubrum extremum qui ſenſu percipi poſſet, & indicum illum, quorum correcta diſtantia inter ſe eſſet $\frac{8}{12}$ ſive $\frac{2}{3}$ longitudinis rectilineorum imaginis laterum: differentia intervallorum quibus foci ſui a lente diſtarent, erat circiter unciarum $3\frac{2}{3}$. Ut autem 2 ad 3, ita $3\frac{2}{3}$ ad $5\frac{1}{2}$.

Cum obſervarem colorem rubrum extremum qui ſenſu percipi poſſet, & indicum illum ſaturatiorem, quorum correcta diſtantia inter ſe eſſet $\frac{9}{12}$ ſive $\frac{3}{4}$ longitudinis rectilineorum imaginis laterum: differentia intervallorum quibus foci ſui a lente diſtarent, erat circiter 4 unciarum. Ut autem 3 ad 4, ita 4 ad $5\frac{1}{3}$.

Cum obſervarem colorem rubrum extremum qui ſenſu percipi poſſet, & violacei partem indico proximam, quorum correcta diſtantia inter ſe eſſet $\frac{10}{12}$ ſive $\frac{5}{6}$ longitudinis rectilineorum imaginis laterum: differentia intervallorum quibus foci ſui a lente diſtarent, erat circiter unciarum $4\frac{1}{2}$. Ut autem 5 ad 6, ita $4\frac{1}{2}$ ad $5\frac{2}{5}$. Interdum enim, cum lens commodiori ſitu ita eſſet collocata, ut axis ejus ad colorem cæruleum ſpectaret; cæteraque omnia commode eſſent comparata; Sol etiam disjectis nubibus clarior colluceret; ipſeque oculis propius admotis chartam, quæ linearum imagines lente projectas exciperet, attentius intuerer: diſcernere poteram ſatis diſtincte linearum iſtarum imagines, in coloris etiam violacei parte ea, quæ indico proxima eſſet; nonnunquam etiam ultra medium ipſum coloris violacei. Etenim in his experimentis capiendis id obſervaveram, imagines eorum duntaxat colorum diſtinctas apparere, qui vel in axe lentis, vel ſaltem non longe extra eum, eſſent poſiti: adeo ut, cum color cæruleus vel indicus in eo axe ſitus eſſet, ipſorum

Digitized by Google

rum imagines distincte discernere potuerim; eodem autem tempore color ruber multo, quam ante, minus distinctus videretur. Quocirca id deinceps egi, ut, colorum imagine in brevitatem contracta, ambo ejus extrema propius jam ab axe lentis distarent. Jamque ejus longitudo erat unciarum circiter $2\frac{1}{2}$, latitudo autem circiter $\frac{1}{5}$ aut $\frac{1}{6}$ unius unciæ. Porro loco linearum nigrarum, in quas colores adhuc inciderant, unam jam lineam nigram prioribus latiorem duxi; quo facilius imaginem ipsius discernerem: eamque lineam brevibus transversis lineis in partes inter se æquales divisi, quibus colores observati quo intervallo inter se distarent dimetirer. Quibus ita dispositis, poteram jam nonnunquam discernere lineæ hujusce imaginem una cum divisionibus suis, ad usque centrum fere semicircularis violaceæ extremitatis imaginis. Quæque jam deinde observaverim, hujusmodi erant.

Cum observarem colorem rubrum extremum qui sensu percipi posset, partemque violacei eam, quorum correcta distantia inter se esset circiter $\frac{8}{9}$ partes longitudinis rectilineorum imaginis laterum: differentia intervallorum quibus horum colorum foci a lente distarent, erat uno tempore unciarum $4\frac{2}{3}$, alio tempore $4\frac{3}{4}$, alio $4\frac{7}{8}$. Ut autem 8 ad 9; ita $4\frac{2}{3}$, $4\frac{3}{4}$, $4\frac{7}{8}$, ad $5\frac{1}{4}$, $5\frac{11}{32}$, $5\frac{31}{64}$, respective.

Cum observarem colorem rubrum extremum, & violaceum itidem extremum, qui sensu percipi possent: (quorum quidem colorum correcta distantia inter se, cum omnia quam potuerint commodissime essent comparata, Solque clarissimus luceret, erat circiter $\frac{11}{12}$ aut $\frac{15}{16}$ partes longitudinis rectilineorum imagini coloratæ laterum:) comperiebam differentiam intervallorum quibus foci sui a lente distarent, esse unciarum modo $4\frac{3}{4}$, modo $5\frac{1}{4}$, & plerunque plus minus 5 unciarum. Ut autem 11 ad 12, aut 15 ad 16; ita 5 unciæ ad $5\frac{1}{2}$ aut $5\frac{1}{3}$.

Atque hac quidem experimentorum progressione adductus sum ut certo credam, si lumen in ipsis extremitatibus imaginis satis forte fuisset, quo linearum nigrarum imagines clare super charta apparere potuerint; futurum utique fuisse, ut focus coloris violacei extremi propius a lente distare compertus esset, quam focus rubri extremi, intervallo unciarum minimum $5\frac{1}{3}$. Quo & illud etiam amplius confirmatur; sinus incidentiæ & refractionis omnium generum radiorum, eandem proportionem inter se in minimis refractionibus, atque in maximis, habere.

Totam hujusce rei experiundæ rationem, quoniam negotium est multæ diligentiæ atque accurationis, singulatim enarrare volui; ut, qui rem eandem posthac experiundo examinaturi sint, intelligant quam accurate omnia animo circumspectare & secum ante considerare debeant, quo experimentum hocce sibi feliciter succedat. Qui nihilominus, si negotium sibi minus forsan ex sententia succedat, quam mihi ante successit; colligere tamen poterunt ex proportione quam habet distantia colorum a se invicem in imagine, ad differentiam distantiarum focorum suorum a lente, quis esset futurus exitus accuratioris experimenti in coloribus longius inter se distantibus. Veruntamen si lentem latiorem, quam qua ego usus sum, adhibeant; eamque longo rectoque bacillo alligent, quo facile rectaque dirigatur ad eum semper colorem, cujus focus, ubi sit, requiritur; nullus dubito quin illis etiam melius hæc res sub manus succedat, quam mihi ipsi successit experienti. Ego enim axem lentis ad mediam duntaxat partem colorum, quam potui proxime, direxi; quo pacto languidæ colorum extremitates, quia paulo remotiores essent ab axe, imagines sui minus distincte in chartam projiciebant, quam si axis lentis ad singulos colores ordine directus fuisset.

Jam ex his quæ dicta sunt manifestum est, radios, qui refrangibilitate inter se differunt, non convenire in unum focum; sed ita esse comparatos, ut, si a lucido puncto fluant, quod eodem intervallo a lente distet ex una parte, ac foci sui ex altera; tum focus radiorum maxime refrangibilium propius a lente absuturus sit,

quam

Digitized by Google

quam focus minime refrangibilium, amplius decimaquarta totius distantiæ: sin a lucido puncto fluant, quod a lente tanto sit intervallo remotum, ut ante incidendum jam pro parallelis inter se haberi possint: tum focus radiorum maxime refrangibilium propius a lente absuturus sit, quam focus minime refrangibilium, circiter 27*ma* aut 28*va* parte totius suæ distantiæ a lente. Porro diameter circuli in medio duorum istorum focorum intervallo siti, quem hi radii tum illuminant, cum ibi in aliquod planum axi perpendiculare incidant; (qui quidem circulus minimus est, in quem ii omnes convenire possint;) erit circiter 55*ta* pars diametri aperturæ vitri. Adeo ut mirum sit conspicilla tubulata res objectas tam distincte exhibere posse, quam eas revera exhibent. At si omnes radii luminis ex æquo refrangibiles essent, error qui solummodo ex sphæricis vitrorum figuris oriretur, sexcenties minor esset. Si enim vitrum objectivum telescopii sit plano-convexum, & plana ipsius facies ad rem objectam obvertatur; diameter autem sphæræ, cujus id vitrum segmentum sit, appelletur D; item semidiameter aperturæ vitri, vocetur S; & sinus incidentiæ e vitro in aerem sit ad sinum refractionis, ut I ad R: radii qui incidunt paralleli ad axem vitri, diffusi erunt, eo in loco ubi objecti imago distinctissima exhibetur, in parvum circulum, cujus diameter erit $\frac{Rq}{Iq} + \frac{S\ cub.}{D\ quad.}$ quamproxime; ut quidem collegi, computando errores radiorum per methodum serierum infinitarum, & rejiciendo terminos quorum quantitates nullius essent momenti. Exempli gratia: si sinus incidentiæ I sit ad sinum refractionis R, ut 20 ad 31; & D, diameter sphæræ ad quam convexa vitri facies tornata est, sit 100 pedum sive 1200 unciarum; S autem, semidiameter aperturæ, sit duarum unciarum: utique diameter parvi circuli ante dicti, (hoc est, $\frac{Rq \times S\ cub}{Iq \times D\ quad.}$) erit $\frac{31 \times 31 \times 8}{20 \times 20 \times 1200 \times 1200}$ (sive $\frac{961}{72000000}$) partes unius unciæ. Atqui diameter alterius parvi circuli, per quem nimirum radii inæquali sua refrangibilitate diffusi sunt, erit circiter 55*ta* pars aperturæ vitri objectivi; quam quidem aperturam jam posuimus esse quatuor unciarum. Ergo error qui oritur a sphærica figura vitri, ad errorem qui oritur a diversa radiorum refrangibilitate, est ut $\frac{961}{72000000}$ ad $\frac{4}{55}$; hoc est, ut 1 ad 5449. Quare cum error ille adeo parvus sit in comparationem, utique non est consideratione dignus.

Verum hic quæri potest; si errores, qui ex diversa radiorum refrangibilitate oriuntur, adeo sint ingentes; qui ergo fiat, ut res objectæ per conspicilla tubulata inspectæ tam distinctæ appareant, quam eas revera apparere experimur. Respondeo, hoc ideo ita se habere, quia radii errantes non uniformiter per totum id rotundum spatium diffusi sunt; sed in centrum infinito, quam in aliam ullam circuli partem, densius collecti sunt; a centro autem ad usque circumferentiam rarescunt continuo, donec in ipsa tandem circumferentia infinite rari evadunt; & propter raritatem istam minus fortes sunt, quam ut sensu percipi possint, nisi in ipso centro aut propius ab eo. Sit enim A D E (*Fig.* 27. *Tab. V.*) istiusmodi circulus, centro C & semidiametro A C descriptus; sitque B F G minor circulus, eodem cum isto A D E centro descriptus, ejusque diametrum A C circuitu suo intersecans in B: bisseca autem A C in N. Jam, ut ego quidem calculum posui, densitas luminis in quovis loco B, erit ad densitatem ejusdem in N, ut A B ad B C; totumque lumen intra circulum minorem B F G, ad totum lumen intra majorem A E D, erit ut excessus quadrati A C super quadratum A B, ad quadratum ipsius A C. Exempli gratia: si B C sit quinta pars istius A C; lumen in B quadruplo densius erit, quam in N; & totum lumen intra minorem circulum, ad totum lumen intra majorem, erit ut 9 ad 25. Ex quo manifestum est, lumen intra minorem circulum sensum multo fortius afficere debere, quam lumen illud debilius & in raritatem dilatatum,

Digitized by Google

quod inter circumferentiam majoris minorisque circuli est circumcirca dispersum.

Verum & illud hic insuper observandum est, colorum prismate exhibitorum clarissimos & fulgentissimos esse flavum & aureum. Hi sensum fortius, quam reliqui simul universi, afficiunt: hisque proximi sunt claritate, colores ruber & viridis. Cæruleus, cum hisce comparatus, debilis est & tenebricosus color; indicus autem & violaceus, multo etiam istis languidior. Adeo ut ii, in colorum clariorum comparationem, parvi momenti sint habendi. Rerum igitur objectarum imagines collocandæ sunt, non in foco radiorum mediocriter refrangibilium, qui sunt in confinibus viridis & cærulei; sed in foco eorum radiorum, qui inter aureum colorem & flavum interjacent; eo in loco ubi color omnium lucidissimus est & fulgentissimus, hoc est, in colore flavo clarissimo, sive eo qui ad aureum propius quam viridem accedit. Atque horum quidem radiorum refractione, (quorum sinus incidentiæ & refractionis in vitro sunt ut 17 & 11,) dimetienda est refractio vitri & crystalli ad usus Opticos. Ponamus itaque corporis objecti imaginem in foco horum radiorum: jamque omnes radii flavi & aurei collecti erunt intra circulum, cujus diameter sit circiter 250*ma* pars diametri aperturæ vitri. Quod si his addideris clariorem partem dimidiam rubri, (eam scilicet quæ aureo proxima est,) & clariorem partem dimidiam viridis, (eam scilicet quæ flavo proxima est:) jam circiter $\frac{3}{5}$ partes luminis horum duorum colorum intra circulum ante dictum cadent, & $\frac{2}{5}$ partes extra eum cadent circumcirca; quæque luminis hujusce pars extra circulum cadet, ea per spatium fere altero tanto majus, quam quæ intra cadet, diffundetur; ac proinde in toto tribus fere tantis rarior erit facta. Ex reliqua autem parte dimidia colorum rubri & viridis, (hoc est, ex rubro tenebricoso saturatissimo & viridi saligneo,) circiter $\frac{1}{4}$ pars intra circulum prædictum cadet, & $\frac{3}{4}$ extra; quæque hujus luminis pars extra circulum cadet, ea per spatium circiter quatuor aut quinque partibus majus, quam quæ intra cadet, diffundetur: Ac proinde hoc lumen in toto rarius erit, idque circiter viginti quinque partibus, quam totum lumen intra circulum inclusum; quinimo, ut verius dicam, lumen hoc extra circulum, amplius triginta aut quadraginta partibus quam id quod est circulo inclusum, rarius erit; quippe color ruber extremus in fine coloratæ imaginis prismate effictæ, jam ante tenuis admodum & rarus fuerat; itemque viridis saligneus rarior aliquanto quam aureus ac flavus. Quare horum colorum lumen, cum sit tanto rarius quam id quod intra circulum cadat, utique sensum vix movere poterit. Præsertim cum color ruber saturatior, & viridis saligneus hujusce luminis colores sint multo, quam reliqui, fusciores. Eandem autem ob causam colores cæruleus & violaceus, cum sint etiam adhuc multo, quam illi, obscuriores, multoque etiam magis rarefacti, omnino negligi poterunt. Etenim densum illud clarumque lumen in circulo inclusum offundet obscurabitque rarum & languidum fusciorum horum colorum circumjectorum lumen; efficietque ut hi sensu percipi vix queant. Itaque puncti lucidi imago, quæ sensu percipi possit, vix excedet magnitudine circulum, cujus diameter sit 250*ma* pars diametri aperturæ vitri objectivi telescopii melioris: saltem non multo latior eo erit; si excipias languidum, obscurum, nubilumque admodum circumfusum lumen, cujus haud fere ullam habebit spectator rationem. Proinde in conspicillo tubulato, cujus apertura sit quatuor unciarum, & longitudo pedum centum; hæc imago non excedet 2″, 45‴, aut 3″. Et in conspicillo tubulato, cujus apertura sit binarum unciarum, & longitudo 20 aut 30 pedum; poterit esse 5″ aut 6″, vix autem major eo. Quod quidem experientiæ optime congruit. Etenim Astronomi quidam, per conspicilla tubulata supra vicenos pedes, & infra sexagenos, longa; observarunt diametros stellarum fixarum, esse circiter 5″ aut 6″, aut summum 8″ aut 10″. Verum si vitrum ocularium, facis lychnive fumo leniter infuscatum sit, quo lumen stellæ obscuretur; jam languidum illud lumen, quod erat in circuitu stellæ, evanescet; stellaque ipsa (si vitrum satis sit fumo infuscatum) ad puncti Mathematici similitudinem propius accedet. Quam porro eandem ob causam, enorme illud lu-

Digitized by Google

lumen, quod est in circumferentia cujusque puncti lucidi, minus sentiri debet in brevioribus telescopiis, quam in longioribus; quia breviores minus luminis ad oculum transmittunt.

Cæterum Stellas fixas, ob immensam distantiam, instar punctorum esse, nisi quatenus earum lumen refractione dilatatur, inde constat; quod, ubi Lunam subeunt, eclipsin passuræ, lumen earum non gradatim (ut fit in planetis,) sed totum simul evanescit, &, finita eclipsi, totum simul in conspectum redit; aut certe intra spatium dimidii unius minuti secundi; refractione scilicet in atmosphæra Lunæ, tempus luminis & evanescentis & in conspectum denuo redeuntis, aliquantulum protrahente.

Quod si jam igitur ponamus puncti lucidi imaginem, quæ sensu percipi possit, latitudinem habere omnino 250 partibus minorem latitudine aperturę vitri objectivi; at etiam hæc valde grandis est imago, si cum ea comparetur, quæ ex sphærica solummodo vitri figura fuisset oritura: etenim, absque diversa radiorum refrangibilitate esset, latitudo ejusdem imaginis in telescopio pedes centum longo, cujus apertura sit quatuor unciarum, omnino haud amplius $\frac{961}{72000000}$ partes unciæ foret complexura; uti ex præcedenti computatione liquet. Quare, in hoc casu, errores maximi qui e sphærica vitri figura oriantur, ad errores sensibiles maximos qui e diversa radiorum refrangibilitate oriantur, erunt summum ut $\frac{961}{72000000}$ ad $\frac{4}{250}$; hoc est, ut 1 duntaxat ad 1200. Ex quo abunde quidem apparet, conspicilla tubulata quominus omnibus numeris perfecta atque absoluta construi queant, non utique sphæricas vitrorum figuras, sed diversam radiorum ipsorum refrangibilitatem, in causa esse.

Adhæc aliud argumentum est quo itidem inferri possit, diversam radiorum refrangibilitatem revera in causa esse, quamobrem conspicilla tubulata omnibus numeris perfecta construi nequeant. Etenim radiorum errores, qui quidem e sphæricis vitrorum objectivorum figuris oriantur, sunt ut cubi aperturarum vitrorum objectivorum: & exinde, quo telescopia varia longitudine res objectas ita varie amplificent, ut tamen illæ in singulis æque distinctæ appareant; aperturæ vitrorum objectivorum, potentiæque amplificandi, deberent esse ut cubi radicum quadratarum longitudinum tuborum: quod experientiæ non respondet. At radiorum errores ii, qui e diversa refrangibilitate oriuntur, sunt ut ipsæ aperturæ vitrorum objectivorum: & exinde, quo telescopia varia longitudine res objectas jam ita varie amplificent, ut tamen illæ in singulis æque distinctæ appareant, aperturæ, & potentiæ amplificandi, debent esse ut ipsæ radices quadratæ longitudinum. Idque, ut bene notum est, experientiæ respondet. Exempli gratia: telescopium 64 pedum in longitudinem, & cujus apertura sit unciarum $2\frac{2}{3}$, rem objectam circiter centies & vicies amplificatam, tamen æque distinctam exhibet, ac telescopium unius pedis in longitudinem, & cujus apertura sit $\frac{1}{3}$ unius unciæ, eam quindecies exhibet amplificatam.

Quod si jam radii non essent diverse refrangibiles, conspicilla tubulata multo, quam adhuc descripsimus, perfectiora construi possent; componendo vitra objectiva ex binis vitris, inclusa intus aqua, conglutinatis. Sit A D F C (*Fig.* 28. *Tab. V.*) vitrum objectivum, compositum ex duobus vitris A B E D & B E F C, ab exteriore sui parte A G D & C H F consimiliter convexis, & ab interiore sui parte B M E & B N E consimiliter concavis; sitque aqua in cavitatem B M E N conclusa. Porro sit sinus incidentiæ ad sinum refractionis e vitro in aerem, ut I ad R; ex aqua autem in aerem, ut K ad R; & consequenter e vitro in aquam, ut I ad K. Diameter sphæræ, ad quam facies convexæ A G D & C H F tornatæ sint, esto D: diameterque sphæræ, ad quam facies concavæ B M E & B N E tornatæ

sint,

Digitized by Google

ſint, eſto ad D, ut radix cubica illius K K — K I ad radicem cubicam illius R K — R I: jamque refractiones in concavis vitrorum faciebus, multum corrigent errores refractionum in convexis faciebus; quatenus quidem ii e ſphærica vitri figura oriuntur. Atque hac quidem ratione conſpicilla tubulata ſatis admodum perfecta atque abſoluta conſtrui poſſent; ſi utique diverſa radiorum genera non forent diverſe refrangibilia. Verum enimvero, propter diverſam hancce refrangibilitatem, non equidem video qui fieri queat, ut conſpicilla tubulata ſolis refractionibus excoli atque perfici poſſint; niſi forte ea ratione, quæ in eiſdem amplius in longitudinem extendendis verſatur, effici hoc quadantenus poſſit: quem quidem ad finem, nuperum *Hugenii* inventum optime videtur accommodatum. Etenim tubi prælongi valde moleſti & incommodi ſunt, & tractatu difficillimi; & præterea, propter nimiam longitudinem, facile incurveſcunt & quatiuntur; eoque pacto efficiunt, ut res objectæ perpetuo tremere videantur, & non ſine multo negotio diſtincte cerni queant: cum jam e contrario, adhibito *Hugenii* invento, & tractatu faciliora ſint vitra; & ſpecialiter vitrum objectivum, perticæ fortiori erectæque infixum, ſtabile ac firmum maneat.

Quandoquidem igitur refractionibus perficere conſpicilla tubulata, quæ ſint datarum longitudinum, in negotiis deſperatis eſt; excogitavi quondam teleſcopium, quod res objectas reflexione inſpiciendas exhiberet: utebar autem, loco vitri objectivi, metallo concavo. Diameter ſphæræ, ad quam metallum concavum tornatum fuit, complectebatur circiter 25 uncias Anglicas; & conſequenter longitudo inſtrumenti erat circiter unciarum $6\frac{1}{4}$. Vitrum ocularium plano-convexum erat; & diameter ſphæræ, ad quam convexa ipſius facies tornata fuit, erat circiter $\frac{1}{5}$ unciæ, aut paulo infra id; ac proinde hoc vitrum rem objectam triginta aut quadraginta tantis vero ampliorem repræſentabat. Alia computandi ratione, inveni illud circiter triginta quinque tantis ſpecie ampliorem rem objectam exhibere. Metallum concavum id erat, quod aperturam unciæ unius & $\frac{1}{3}$ ferre poſſet. Verum apertura definita erat, non circulo opaco marginem metalli circum obtegente, ſed circulo opaco inter vitrum ocularium & oculum collocata, in cujus medio parvum rotundum foramen erat, per quod radii ad oculum tranſmitterentur. Etenim circulus iſte ibi collocatus, intercipiebat plurimum errantis luminis, quo aſpectus alioquin interturbatus fuiſſet. Quum hoc inſtrumentum cum conſpicillo tubulato ſatis bono, quod in longitudinem haberet quatuor pedes, & cujus vitrum ocularium concavum eſſet, compararem; e loco longinquiore, mei inſtrumenti ope, quam iſtius conſpicilli, literas legere poteram. Attamen in meo inſtrumento corpora objecta multo, quam in iſto conſpicillo vitreo, tenebroſiora videbantur; partim quia plus luminis inter reflectendum a metallo, quam inter refringendum a vitro, intercidebat & amittebatur; & partim, quia inſtrumentum meum nimium ad amplificandum eſſet comparatum. Etenim ſi meum inſtrumentum corpora objecta non amplius triginta aut viginti quinque tantis vero ampliora exhibuiſſet; utique illa clariora jam & lucidiora in eo apparuiſſent. Duo hujuſmodi inſtrumenta, ante hos annos circiter ſexdecim, conſtruxi: quorum alterum adhuc apud me eſt; ipſumque quam vera ſint, quæ ſcribam, cuilibet demonſtrare poterit. Veruntamen id diuturnitate temporis paulo deterius eſt factum. Etenim metalli concavi nitor ſæpius infuſcatus fuit; qui tamen nitor, corii mollioris affrictu, iterum eſt reſtitutus. Cum hæc inſtrumenta confeciſſem; artifex Londinenſis id ſibi ſumpſit, ut ea imitaretur. Verum cum ille metallum alia ratione poliret, quam ego feciſſem: ejus inſtrumentum multum infra mei bonitatem cecidit; uti ex opifice inferiori, qui illi hac in re operam dederat, poſtea audivi. Cæterum ego quidem metallum hac ratione perpolivi. Duas laminas cupreas, alteram convexam, concavam alteram, uncias ſenas diametro complectentes, & inter ſe optime aptatas, accipiebam. Harum ſuper ea quæ convexa erat, metallum objectivum concavum, quod erat mihi poliendum, atterebam uſque eo, donec in figuram laminæ convexæ reſpondentem tornatum eſſet, & ad polituram eſſet paratum.

Digitized by Google

tum. Tum laminam convexam pice liquefacta desuper instillata valde tenuiter induebam, calefaciebamque interea, ut pix tamdiu mollis permaneret, dum eam lamina cuprea concava contererem nonnihil madefacta, quo lamina convexa pice ex æquo usquequaque diffusa indueretur. Atque hoc quidem pacto, attritis diutule inter se lamellis, picem in summam tenuitatem diducebam. Cumque lamina convexa refrigerata esset, picem iterum, admota concava lamina, conterebam, ut figuram sortiretur quam posset maxime aptam atque accuratam. Tum stanni usti aliquantum, quod a particulis suis crassioribus multa lotura separassem, & in summam subtilitatem coegissem, pici isti superinjectum, admota iterum lamina cuprea concava, conterebam usque eo, donec stridere desiit: & deinde super pice metallum objectivum, brachio celeriori, & plusculo virium adhibito, ad duo circiter triave minuta, atterebam. Tum stannum ustum denuo pici eidem superinjectum, admota iterum lamina cuprea concava conterebam, donec rursus stridere desiit: & deinde super pice metallum objectivum, ut prius, atterebam. Hocque idem sæpius iterabam, donec metallum esset perpolitum. Ad extremum autem enixius jam, adhibitis totis viribus, atque etiam diutius illud atterebam; picemque, nullo amplius superinjecto stanno usto, sufflabam identidem, ut ea humida permaneret. Metallum hoc objectivum latum erat uncias duas, & circiter tertia unciæ parte crassum, ne forte inflecti posset. Duo hujusmodi metalla habui: & cum utrumque polivissem, explorabam utrum eorum melius esset: alterumque iterum atterebam, si forte ut id adhuc melius esset illo, quod apud me servaveram, efficere possem. Atque hoc pacto, sæpe experiundo, metalli expoliendi rationem edidici; donec tandem bina illa conspicilla superius memorata, quæ res objectas reflexione inspiciendas præberent, fabricaverim. Etenim hæc metalli perpoliendi ars assiduo usu melius, quam præceptis omnibus, edisci poterit. Antequam metallum objectivum super pice attererem; semper stannum ustum, admota lamina cuprea concava, prius super eadem atterebam, usque eo, donec stridere desiit: quoniam stanni usti particulæ, nisi pici hoc modo ita sint infixæ, uti nulla ex parte possint se torquendo excitare; sese hac illac provolvendo interradent metallum objectivum, parvisque innumeris foraminibus asperum id & inæquale facient.

Verum quandoquidem metallum multo, quam vitrum, difficilius est politu; & postquam politum est, facillime, infuscato nitore suo, ineptum fit ad usus opticos; atque etiam omnino luminis minus reflectit, quam vitrum argento vivo indutum: suaderem equidem, ut, loco metalli, vitrum adhibeatur, ab anteriore sui parte concavum, a posteriori autem parte ex æquo convexum, & ab ista convexa quidem parte argento vivo indutum. Vitrum usquequaque una eademque prorsus crassitudine sit oportet. Alioqui res objectas coloribus variatas exhibebit, & minus distinctas. Hujusmodi vitro adhibito, conatus sum ante hos quinque aut sex annos telescopium reflectens construere, quod cum in longitudinem esset quatuor pedum, corpora objecta circiter centies & quinquagies vero ampliora repræsentaret: planeque adductus eram ut crederem, quo hoc inventum omnibus numeris perfectum atque absolutum reddi possit, nihil præter artificem peritum deesse. Etenim vitrum quo utebar, ab artifice quodam Londinensi politum, eodem modo ac vitra ad conspicilla tubulata poliri solent; quamvis non minus bene expolitum, quam esse solent vitra objectiva, videretur; tamen, cum deinde argento vivo indutum esset, apparebat jam ex reflexione innumeris id undique inæqualitatibus crispum esse. Quæ quidem inæqualitates, quominus objecta in instrumento jam dicto cerni distincte potuerint, effecerunt. Nam errores radiorum reflexorum ex quavis vitri inæqualitate orti, circiter sextuplo grandiores sunt, quam errores radiorum refractorum ex eisdem vitri inæqualitatibus orituri. Attamen ex hoc experimento illud intellexi; reflexionem a concava vitri facie, quæ ne omnia perturbaret metueram, nihil hic incommodi, quod quidem sensu percipi potuerit, attulisse; & consequenter, quominus hujusmodi telescopia omnibus numeris perfecta construi queant, nihil plane deesse præter peritos opifices, qui vitra perpolire & in sphæræ figuram accurate tornare

nare

Digitized by Google

nare calleant. Vitrum objectivum ad telescopium quatuordecim pedum, ab artifice quodam Londinensi expolitum, ipse quondam multo melius feci, atterendo id super picem stanno usto conspersam; levi autem ac molli brachio hoc faciebam, ne stannum ustum id interraderet. Annon vitra ad reflectendum comparata, eadem ratione satis bene perpoliri possint, equidem nondum expertus sum. Verum quicunque hac vel alia quavis, quæ ei visa fuerit, vitrorum poliendorum ratione uti volet; certe debebit is vitra ad polituram præparanda, leviori prius manu atterere; & minus virium, quam solent opifices Londinenses in vitris suis tornandis, adhibere. Etenim vitra nimis violenter appressa, ne flectantur nonnihil inter atterendum, periculum erit. Si autem inflectantur, omnino figura eorum vitiabitur. Quo igitur horum vitrorum reflectentium speculationem istiusmodi artificibus, qui vitrorum figurandorum curiosiores sint, amplius commendem; conspicillum antedictum in sequenti propositione singulatim describam.

PROPOSITIO VIII. PROBLEMA II.

Conspicilla tubulata in brevitatem contrahere.

SIt *a b d c* (*Fig. 29. Tab. V.*) vitrum, ab anteriore sui parte *b a* sphærice concavum; a posteriori autem parte *c d*, ex æquo convexum: adeo ut usquequaque una eademque sit crassitudine. Cave inæquali crassitudine sit; ne res objectas coloribus variatas exhibeat, & minus distinctas. Sit porro accurate expolitum, & a posteriore sui parte argento vivo indutum; inque tubo *v x y z*, qui intus valde niger sit oportet, apte infixum. Sit *e f g* prisma vitreum aut crystallinum, prope ab altera tubi extremitate, in medio collocatum; hoc est, ansæ æneæ aut ferreæ *f g k*, ab extremo se in latitudinem laxanti atque complanatæ, agglutinatum. Sit prismatis istius angulus *e* rectus; reliqui autem duo anguli *f* & *g* inter se accurate æquales, & consequenter semirecti: sintque planæ facies *f e* & *g e* quadratæ; & consequenter tertia facies *f g* parallelogrammum rectangulum, cujus longitudo ad latitudinem suam erit in subduplicata proportione duorum ad unum. Sit prisma istud in tubo ita collocatum, ut axis speculi per mediam faciem quadratam *e f* ad perpendiculum transeat, & consequenter per mediam faciem *f g* in angulo 45 graduum. Obvertatur facies *e f* ad speculum: distentque prisma & speculum inter se tali intervallo, ut radii luminis *p q*, *r s*, &c. qui in speculum incidunt in lineis axi ipsius parallelis, ingrediantur in prisma per faciem *e f*, & reflectantur a facie *f g*, indeque per faciem *g e* exeant ad punctum *t*, quod communem esse focum oportet speculi *a b d c*, & vitri ocularii plano-convexi *h*, per quod radii isti ad oculum egrediantur. Denique radii jam e vitro illo egredientes, transmittantur per tenue rotundum foramen, sive aperturam, in parva lamella ex plumbo, ære, argentove, qua vitrum obtegi oportet: idque foramen ea sit magnitudine, quæ omnino ad tantum luminis transmittendum, quantum ad videndum satis sit, necessaria fuerit. Etenim eo pacto res objecta distincte videbitur; quippe lamina, in qua id foramen sit, lucem illam omnem errantem, quæ forte a marginibus speculi *b a* advenerit, intercipiet. Hujusmodi instrumentum bene apteque constructum, si in longitudinem habeat sex pedes, (computando longitudinem istam a speculo ad prisma, & inde ad focum *t*,) feret aperturam in speculo ad sex ipsas uncias; & rem objectam ducentis aut trecentis partibus specie ampliorem repræsentabit. Verum apertura hic commodius foramine *h* definitur, quam si in ipso speculo definita esset. Si instrumentum longius breviusve faciendum sit; apertura debebit proportione esse, ut cubus radicis quadrato-quadratæ longitudinis; & amplificandi potentia, ut apertura. Cæterum conveniens erit, ut speculum sit uncia una minimum aut duabus latius, quam apertura: itemque ut vitrum, ex quo speculum constat, crassum sit; ne inter poliendum forte inflectatur. Prisma *e f g* tam parvum esse debet, quam possit commode fieri; & posteriorem ipsius faciem *f g* argento vivo indui non o-

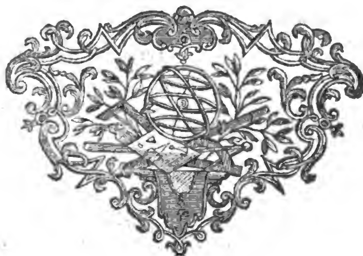
por-

Digitized by Google

portebit. Quippe ſine argento vivo ea lumen omne, quod ſibi e ſpeculo inciderit, reflectet.

In hoc inſtrumento res objecta videbitur inverſa: verum erigi poterit: efficiendo ut facies quadratæ *e f* & *e g* priſmatis *e f g*, non jam planæ, ſed ſphærice convexæ ſint; ut radii tam antequam in priſma incidant, quam poſtea inter id & vitrum ocularium, ſe decuſſatim ſecent. Porro, ſi poſtuletur ut hoc inſtrumentum ampliorem aperturam ferat; id etiam ita fieri poterit, ſi ſpeculum componatur ex duobus vitris, incluſa intus aqua, conglutinatis.

Veruntamen ſi id omne demum, quod quis expectare aut ſibi proponere queat, arte poſſet effici; nihilominus certi eſſent limites, ultra quos teleſcopia nullo modo perfici poſſent. Etenim aer, quem tranſpicimus, perpetuo tremit; uti videre eſt ex motu tremulo umbrarum de turribus altis projectarum, & ex Stellarum fixarum ſcintillatione. At Stellæ iſtæ non ſcintillant, cum aſpiciuntur per teleſcopia, quæ latas habent aperturas. Etenim luminis radii, qui per diverſas partes aperturæ tranſeunt, tremunt ſinguli ſeorſum; variiſque & contrariis tremoribus incidunt uno eodemque tempore in diverſa puncta in fundo oculi; celerioribus utique motibus, & confuſioribus, quam ut ſeparatim ſenſu percipi poſſint. Quæ quidem omnia puncta conſtituunt unum latum punctum lucidum, compoſitum ex multis illis punctis trementibus, motu celerrimo & vibrationibus breviſſimis inter ſe confuſe & inſenſibiliter permixtis; efficiuntque ut Stella juſto latior videatur, itemque ſine ullo totius tremore, qui quidem ſenſu percipi poſſit. Teleſcopia longa efficere poterunt ut objecta videantur lucidiora & ampliora: at nullo modo ita comparari, ut confuſioni iſti, quæ ex aeris tremoribus oritur, remedium afferre queant. Remedium unicum eſt aer ſereniſſimus, qualis fortean in ſummis montium altiſſimorum verticibus ſupra nubes craſſiores reperiatur.



Digitized by Google

OPTICES
LIBER PRIMUS.
PARS SECUNDA.
PROPOSITIO I. THEOREMA I.

Phænomena colorum in refracto, aut reflexo lumine, non oriuntur ex novis modificationibus luminis, quæ, pro variis luminis umbræque terminationibus, varie sint impressæ.

Probatio ab Experimentis desumpta.

EXPERIMENTUM I.



ETENIM si Solis radius in cubiculum valde tenebricosum immittatur per foramen oblongum F, (*Fig.* 1. *Tab. I.*) cujus latitudo sit $\frac{1}{6}$ aut $\frac{1}{8}$ unciæ, vel paulo minor eo; isque radius FH trajiciatur deinde, primo per prisma amplissimum ABC, quod intervallo circiter viginti pedum a foramine distet, eique parallelum sit; postea autem transeat (alba nimirum istius radii pars) per corporis nigri & opaci GI foramen oblongum H circiter $\frac{1}{40}$ aut $\frac{1}{60}$ unciæ parte latum, quod intervallo duorum triumve pedum a prismate, situque tum ad ipsum prisma tum ad prius foramen parallelo, sit collocatum; sique hoc lumen album, ita per foramen H transmissum, incidat deinceps in chartam albam *pt*, ultra id foramen H, interjecto trium quatuorve pedum intervallo, collocatam; ibique depingat solitos prismatis colores; puta rubrum ad *t*, flavum ad *s*, viridem ad *r*, cæruleum ad *q*, & violaceum ad *p*: si hæc, inquam, ita disposita sint; poteris, interponendo virgulam ferream, aut aliud quodlibet tenue opacum corpus, cujus latitudo sit circiter $\frac{1}{10}$ unciæ; eoque pacto intercipiendo radios ad *k*, *l*, *m*, *n*, vel *o*; efficere, ut colorum unus quilibet ad *t*, *s*, *r*, *q*, aut *p*, evanescat; dum reliqui, ut prius, in charta adhuc apparebunt, nihil immutati: vel, interposita virgula paulo latiori, efficere poteris ut colores bini quilibet, ternive, aut quaterni, nihil mutatis reliquis, evanescant: adeo ut colorum alius quilibet, æque ac violaceus, possit exterior fieri in confinibus umbræ ad *p*; & alius quilibet, æque ac ruber, possit exterior fieri in confinibus umbræ ad *t*; item quilibet eorum possit confinis esse ei umbræ, quæ interpositu virgulæ R intermediam aliquam luminis partem intercipientis, in medio imaginis intra ipsos colores fiat; & denique quilibet eorum, si interceptis reliquis, solus relinquatur, possit umbræ ex utraque sui parte simul confinis esse. Scilicet singuli colores, quælibet umbrarum confinia sine ullo discrimine ferunt: & consequenter horum colorum diversitas inter se non oritur (quomodo philosophi adhuc docuerunt) ex diversis umbrarum confiniis, quibus lumen varie modificetur. Cæterum id in hisce experimentis capiendis observandum est: quanto foramina F & H tenuiora fiant, eorumque ac prismatis intervalla sint majora, cubiculumque tenebrosius sit factum; tanto melius sub manus suc-

Digitized by Google

succedere experimentum; modo lumen non usque eo diminuatur, quin colores ad *pt*, satis adhuc clare discerni queant. Prisma ex vitro quidem solidum comparare, quod ad hoc experimentum satis magnum sit, difficile fuerit. Quare vas ex laminis vitreis perpolitis, in formam prismatis, inclusa intus aqua salsa vel oleo claro, conglutinatis adhiberi poterit.

EXPERIMENTUM II.

Solis luminis radius in cubiculum tenebricosum per foramen F (*Fig.* 2. *Tab. I.*) rotundum & semuncia latum immissus, transibat primo per prisma A B C foramini isti admotum, & deinde per lentem P T paulo amplius quatuor uncias latam, & circiter octo pedibus a prismate distantem; indeque convergebat ad O, focum lentis, circiter tribus pedibus ab ipsa lente distantem; quo in loco incidebat denique in chartam albam D E. Quando charta ista lumini incidenti objecta erat ad perpendiculum, quomodo in positu D E depicta est: colores universi, ei in O incidentes, albi apparebant. At quando charta circa axem suum prismati parallelum ita convertebatur, ut ad lumen valde facta esset inclinata; quomodo in positionibus *ed* & *εδ* depicta est: jam illud idem lumen in uno casu flavum atque rubrum apparebat, in altero cæruleum. Hic una eademque luminis pars, in uno eodemque loco, pro variis chartæ inclinationibus, uno in casu alba apparebat, in alio flava aut rubra, in alio cærulea; interea dum luminis umbræque confinium, prismatisque refractiones, in hisce omnibus casibus plane eadem manebant, nihilque immutata.

EXPERIMENTUM III.

Aliud consimile experimentum facilius etiam hoc modo capi poterit. Amplior Solis luminis radius per fenestræ operculi foramen in cubiculum tenebricosum transmissus, refringatur majori prismate A B C, (*Fig.* 3. *Tab. I.*) cujus angulus refringens C sit amplius sexaginta graduum: & simul ut primum iste radius e prismate exierit, incidat deinceps in chartam albam D E, a tergo inspissatam ad rigiditatem. His ita dispositis: quum charta lumen illud excipiat ad perpendiculum objecta, quomodo ad D E depicta est; id super charta videbitur album plane: quum autem charta ad lumen valde sit inclinata, ita tamen ut axi prismatis semper parallela sit; utique ejus totius luminis albor, qui super charta visus fuerat, jam pro eo ac charta in hanc vel illam partem inclinata sit, immutabit se vel in colorem flavum & rubrum, ut in positu *ed*; vel in cæruleum & violaceum, ut in positu *εδ*. Quod si id lumen, antequam in chartam incidat, duobus prismatibus inter se parallelis bis fuerit refractum ad easdem partes; jam colores ante dicti, multo evidentiores clarioresque videbuntur. In hoc experimento, mediæ omnes partes latioris illius albi luminis radii, qui in chartam incidebat, utique sine ullo umbræ confinio, qua modificari possent, factæ sunt coloratæ; idque ea ratione, ut unum eundemque colorem usquequaque induerint; quippe cum in medio chartæ idem semper, atque in extremis, color esset; isque color se pro varia chartæ reflectentis obliquitate immutaret, sine ulla vel refractionum vel umbræ vel luminis ipsius in chartam incidentis mutatione. Quare horum colorum causa, non novis luminis modificationibus, quæ ex refractionibus scilicet atque umbris ortum habeant, sed omnino alii alicui rei tribuenda est.

Quod si jam ea causa, quæ sit, quæratur: Respondeo; chartam in positu *ed*, quum radiis magis refrangibilibus obliquius quam minus refrangibilibus objecta sit, utique a posterioribus fortius quam a prioribus illuminari; ac proinde radios minus refrangibiles tum in lumine reflexo prævalere & dominari: qui quidem radii, ubicunque prævalent, lumen semper colore rubro aut flavo inficiunt; uti ex prima propositione primæ Partis hujus Libri quodam modo apparere potest, & uberius infra comprobabitur. Quum autem charta in positu *εδ* collocata sit; omnia tum contra,

Digitized by Google

ac dicta sunt, eveniunt: radiis nimirum magis refrangibilibus, qui lumen colore cæruleo & violaceo semper inficiunt, tum prævalentibus.

EXPERIMENTUM IV.

Colores bullarum, quibus pueri ludere solent, varii sunt; situmque suum, nulla habita umbræ confinii ratione., varie immutant. Si hujusmodi bulla vitro concavo tecta sit, quominus vento aliove ullo aeris motu agitetur; colores situm suum lente & regulariter mutabunt, etiam dum oculus & bulla & corpora omnia, quæ vel lumen emittant, vel umbram projiciant, immota manent. Itaque colores hujusmodi bullarum oriuntur ex causa aliqua regulari, quæ ex umbræ confinio nullo modo pendet. Ea autem causa, quæ sit, in secundo Libro ostendetur.

Ad hæc experimenta addi potest decimum experimentum primæ Partis hujus Libri; ubi Solis lumen in cubiculo tenebricoso per parallelas binorum prismatum in formam parallelopipedi colligatorum superficies trajectum, cum jam e prismatibus emergeret, ex toto flavum aut rubrum apparebat uniformiter. Ad quorum quidem colorum generationem nihil omnino conferre poterat confinium umbræ. Etenim id lumen se ex albo in flavum, aureum, & rubrum, ex ordine mutat; sine ulla umbræ confinii mutatione. Et in ambobus extremis luminis emergentis lateribus, ubi contraria umbræ confinia contrarios effectus obtinere deberent, color unus idemque est, sive sit albus, flavus, aureus, sive ruber. Atque etiam in medio luminis emergentis, ubi nullum est omnino umbræ confinium, color idem est plane qui in extremis: nempe totum lumen, cum primum emergit, unius est plane ac uniformis coloris, sive is sit albus, flavus, aureus, sive ruber; indeque progreditur sine ulla amplius coloris mutatione, qualem umbræ confinium in lumine refracto post emergendum efficere vulgo creditur. Neque vero fieri potest, ut colores isti ex novis aliquibus modificationibus a refractione lumini impressis oriantur: quippe illi quidem se ex albo in flavum, aureum, & rubrum, ordine immutant; dum refractiones plane eædem manent: atque etiam refractiones istæ a superficiebus inter se parallelis, quæ suos ipsarum invicem effectus retexunt, in contrarias partes factæ sunt. Colores isti igitur non oriuntur ex ullis modificationibus, quas refractiones vel umbræ lumini imprimere potuerint; sed ex alia aliqua causa oriantur necesse est. Ea autem causa quæ sit, supra in decimo illo experimento ostendimus; & quæ ibi dicta sunt, nihil opus est ut hic repetamus.

Aliud adhuc hujus experimenti adjunctum est, non parvi momenti. Cum enim id lumen emergens refringatur iterum tertio prismate HIK (*Fig.* 22. *Tab. IV. Part. I.*) in chartam PT, ibique depingat solitos prismatis colores, rubrum, flavum, viridem, cæruleum & violaceum: si jam colores isti ex eo orirentur, quod id prisma lumen aliquo modo refractionibus suis modificaret; utique illi non inessent in eo lumine, jam antequam id in prisma istud incideret. Attamen in experimento ante dicto res ita se habuit, ut cum, convertendo bina priora prismata circa axem suum communem, colores omnes, excepto rubro evanescerent; id lumen, quod colorem rubrum exhibuit, jam solum relictum, apparuerit eodem plane colore rubro, etiam antequam in tertium prisma incideret. Et in universum quidem ex aliis experimentis rem ita se habere comperimus, ut cum radii, qui refrangibilitate inter se differant, a se invicem separati sint; eorumque unum quodvis genus seorsum consideretur; color, quem illi tum constituunt, non possit ulla refractione aut reflexione, quæcunque ea sit, mutari: quomodo omnino sane mutari deberet, si colores nihil aliud essent, quam modificationes lumini a refractionibus, reflexionibus, umbrisque impressæ. Hanc porro coloris immutabilitatem, superest ut in sequenti propositione describam.

PRO-

Digitized by Google

PROPOSITIO II. THEOREMA II.

Omne lumen homogeneum, colorem habet proprium & ſuum, refrangibilitati ſuæ reſpondentem; iſque color nullis reflexionibus aut refractionibus mutari poteſt.

IN experimentis quartæ propoſitionis primæ Partis hujus Libri; cum radios heterogeneos a ſe invicem ſeparaſſem; imago *p t* (*Fig.* 23. 24. 25. *P. I.*) ex radiis a ſe invicem ſeparatis compoſita, videbatur ab uſque una extremitate *p*, quo radii maxime refrangibiles incidebant, ad alteram extremitatem *t*, quo radii minime refrangibiles incidebant, induta coloribus ex ordine, violaceo, indico, cæruleo, viridi, flavo, aureo, rubro, innumeriſque intermediis coloribus, per differentias quam minimas ab uno extremo ad alterum extremum pergentibus, & ſerie continuata in ſe invicem perpetuo deſinentibus. Adeo ut totidem eſſe viderentur colores, quot eſſent radiorum inter ſe refrangibilitate differentium genera: qui tamen omnes ſub ſpeciebus & nominibus colorum ſeptem principalium prædictorum comprehendi poſſint, tanquam eorum gradus innumeri.

EXPERIMENTUM V.

Jam colores hoſce non potuiſſe refractione mutari, inde intellexi, quod quum luminis iſtius modo unam exiguam partem, modo aliam exiguam partem, priſmate refringerem; quomodo in duodecimo experimento primæ Partis hujus Libri expoſitum eſt; color luminis nunquam ea refractione eſſet quicquam omnino immutatus. Cum enim rubri luminis pars ulla refringeretur; ea omnis ſemper eodem plane colore rubro permanſit, ac fuerat initio. Nihil coloris aurei, nihil flavi, nihil viridis, nihil cærulei, nihil ullius novi coloris, ea unquam refractione eliciebatur. Neque vero ſæpius repetitis refractionibus color iſte quicquam omnino immutabatur; ſed ſemper idem prorſus color ruber permanſit, qui fuerat initio. Eandem quoque conſtantiam & immutabilitatem in cæruleo, viridi, cæteriſque coloribus inveniebam. Similiter, quum per priſma oculo admotum, corpus aliquod parte ulla luminis hujuſce homogenei illuminatum inſpicerem; quomodo in decimoquarto experimento primæ Partis hujus Libri expoſitum eſt; nullum unquam colorem novum ea ratione generatum obſervare potui. Omnia corpora lumine heterogeneo quidem illuminata, confuſa admodum (uti ſupra dictum eſt) per priſma inſpicienti, variiſque novis induta coloribus videntur. At corpora lumine homogeneo illuminata, nihilo minus diſtincta per priſma inſpicienti, neque aliis coloribus induta videbantur, quam cum nudis oculis aſpicerentur. Omnino colores ipſorum refractione interpoſiti priſmatis nihil quicquam immutabantur. Cæterum cum coloris mutationem nullam hic eſſe factam dico, id ita dictum velim, ut de mutatione quæ ſenſu percipi poſſit, intelligatur. Etenim lumen quod ego hic appello homogeneum, cum non ſit plane perfecteque homogeneum; utique ex perpaululo, quod ei adhuc admixtum ſit, heterogenei luminis, perexigua aliqua coloris mutatio oriatur neceſſe eſt. Verum ſi id heterogenei luminis tam puſillum ſit factum, quam experimentis ante dictis quartæ propoſitionis fieri poſſit; ſane illa coloris mutatio minor erit, quam quæ ſenſu percipi queat; ac proinde in experimentis, quæ ſint ſenſus judicio exiſtimanda, pro nulla haberi debet.

EXPERIMENTUM VI.

Porro, ut colores iſti nulla refractione, ſic neque ulla reflexione, immutari potuerunt. Etenim corpora omnia, quæ eſſent natura colore albo, cinereo, rubro, flavo, viridi, cæruleo, aut violaceo; ut charta, cineres, minium, auripigmentum, in-

Digitized by Google

indicum, cæruleum montanum, aurum, argentum, cuprum, herba, cyanus, viola, bullulæ aquæ variis coloribus indutæ, plumæ pavoniæ; ligni nephritici infusio, & similia; ea in lumine rubro homogeneo posita, plane rubra videbantur; in lumine cæruleo, plane cærulea; in lumine viridi, plane viridia: & in universum, quicunque color esset homogenei luminis, in quo hujusmodi corpora collocata essent; istum illa omnia semper exhibebant colorem; eo solum discrimine, quod illorum alia lumen istud fortius reflecterent, alia languidius. Nullum autem unquam corpus inveni, quod luminis homogenei colorem reflectendo immutare potuerit, ita quidem ut res sensu perciperetur.

Ex quibus omnibus manifestum est, si Solis lumen ex uno solo radiorum genere constaret, futurum utique ut unus omnino omnium esset rerum color; neque ullo modo fieri posset, ut reflexionibus aut refractionibus ullus unquam novus color generaretur. Unde consequens est, colorum eam quam videmus varietatem, omnino ex compositione luminis oriri atque pendere.

DEFINITIO.

ID homogeneum lumen, sive radios eos, qui colorem rubrum exhibent, vel potius qui efficiunt ut corpora objecta colorem rubrum exhibeant; eos ego *rubrificos* sive *rubros* appello: quique efficiunt ut corpora objecta colore flavo, viridi, cæruleo, aut violaceo videantur; eos radios *flavos*, *virides*, *cæruleos*, aut *violaceos* appello. Et quandocunque lumen, sive radios coloratos, vel coloribus imbutos dicere videar; id semper ita dictum velim, ut non philosophice & proprie, sed ad vulgus id dictum intelligatur; sive congruenter ideis istis, quas vulgus, cum hujusmodi experimenta videant, sibi animo fingere solent. Etenim radii, si proprie loqui velimus, non sunt colorati. In eis nihil aliud inest, nisi potentia quædam sive dispositio, qua ita comparati sunt, ut sensum hujus vel illius coloris in nobis excitent. Quemadmodum enim sonus in campana aut chorda musica aut quovis corpore sonante, nihil aliud est nisi motus quidam tremulus; & in aere, nihil aliud nisi motus iste a corpore sonante propagatus; in sensorio autem, sensus motus istius sub forma soni: sic colores, in rebus quidem objectis, nihil aliud sunt nisi dispositio, qua illæ hoc vel illud genus radiorum copiosius quam cæteros reflectunt; & in radiis, nihil aliud nisi dispositio, qua illi hunc vel illum motum ad sensorium transmittunt; in sensorio autem, sensus motuum istorum sub forma colorum.

PROPOSITIO III. PROBLEMA I.

Definire refrangibilitatem diversorum generum homogenei luminis, coloribus suis diversis respondentem.

AD hoc problema expediendum, subjectum experimentum excogitavi.

EXPERIMENTUM VII.

Quum imaginis coloratæ prismate effictæ latera rectilinea A F, G M, (*Fig.* 4. *Tab. I.*) ut distinctis terminis finirentur effecissem, ea ratione quæ in quinto experimento primæ Partis hujus Libri exposita est; reperiebantur in ea omnes colores homogenei, eodem ordine eodemque situ inter se dispositi, ac in imagine ex lumine simplicissimo composita, quam in quarta propositione ejus primæ Partis descripsimus. Etenim circuli, qui imaginem ex lumine composito P T constituunt, quique in mediis partibus imaginis valde inter se permixti sunt; iidem in extremis partibus, ubi rectilinea ipsius latera A F & G M tangunt, non sunt commixti: quam

Digitized by Google

quam quidem ob causam in istis rectilineis lateribus, cum utique illa distincte definita sint, nullus novus color refractione generatur. Observabam etiam, quum quolibet in loco inter duos extremos circulos T M F & P G A, linea aliqua recta, ut $\gamma\delta$, imagini transversa, ita ducta esset, ut utroque sui extremo in rectilinea imaginis latera ad perpendiculum incideret; apparuisse semper unum eundemque colorem, atque etiam eundem coloris istius gradum, in tota illa linea ab una usque extremitate ad alteram. Delineabam itaque in charta perimetrum imaginis F A P G M T; cumque tertium experimentum primæ Partis hujus Libri caperem, chartam istam ita collocabam, ut imago colorata in diagramma super charta delineatum incideret, & in id apte accurateque conveniret. Quod cum fieret, jussi ut amicus qui interfuit, & cujus oculi coloribus discernendis acriores quam mei essent, notaret lineis rectis $\alpha\beta$, $\gamma\delta$, $\varepsilon\zeta$, &c. imagini in transversum ductis, confinia colorum; nimirum coloris rubri, $M\alpha\beta F$; aurei, $\alpha\gamma\delta\beta$; flavi, $\gamma\varepsilon\zeta\delta$; viridis, $\varepsilon\eta\vartheta\zeta$; cærulei, $\eta\iota\kappa\vartheta$; indici, $\iota\lambda\mu\kappa$; & violacei, $\lambda G A\mu$. Atque hac quidem operatione, cum eam sæpius & in eadem & in diversis chartis iterassem, observationesque bene inter se congruere comperissem, inveniebam rectilinea imaginis latera M G & F A a lineis illis transversis in proportionem chordæ musicæ esse divisa. Producatur igitur G M ad X, ita ut M X æqualis sit ipsi G M; & concipiantur G X, λX, ιX, ηX, εX, γX, αX, & M X, eam inter se proportionem habere, quam habent numeri, 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$; atque adeo repræsentare chordas clavis, & toni, tertiæ minoris, quartæ, quintæ, sextæ majoris, septimæ, & octavæ supra istam clavim: jamque intervalla $M\alpha$, $\alpha\gamma$, $\gamma\varepsilon$, $\varepsilon\eta$, $\eta\iota$, $\iota\lambda$, & λG, erunt ipsa spatia, quæ colores singuli; ruber, aureus, flavus, viridis, cæruleus, indicus & violaceus, occupent.

Quoniam autem hæc intervalla, sive spatia, subtendunt differentias refractionum radiorum illorum, qui proficiscuntur ad colorum ante dictorum limites, hoc est, ad puncta M, α, γ, ε, η, ι, λ, G; utique hæc intervalla, sine errore sensibili, poterunt existimari proportionalia differentiis sinuum refractionis eorundem radiorum, unum communem sinum incidentiæ habentium. Quare, cum communis radiorum maxime minimeque refrangibilium sinus incidentiæ e vitro in aerem, sit proportione (quomodo ratione supra exposita comperimus) ad eorundem refractionis sinus, ut 50 ad 77 & 78; divide jam differentiam istorum sinuum refractionis 77 & 78, simili proportione ac linea G M dictis intervallis divisa est; & habebis 77, $77\frac{1}{8}$, $77\frac{1}{5}$, $77\frac{1}{3}$, $77\frac{1}{2}$, $77\frac{2}{3}$, $77\frac{7}{9}$, 78, sinus refractionis diversorum radiorum ante dictorum e vitro in aerem transeuntium, cum communis omnium sinus incidentiæ sit 50. Itaque sinus incidentiarum radiorum omnium rubrorum e vitro in aerem, fuerunt ad sinus refractionum suarum, proportione non majori quam 50 ad 77, nec minori quam 50 ad $77\frac{1}{8}$; sed proportiones omnes intermedias habuerunt. Similiter sinus incidentiarum radiorum viridium, ad sinus refractionum suarum, proportiones omnes habuerunt, inter eam quæ est 50 ad $77\frac{1}{3}$, & eam quæ est 50 ad $77\frac{1}{2}$. Atque itidem limitibus ante dictis, radiorum omnium ad reliquos quoque colores pertinentium refractiones definiebantur; finibus radiorum rubrorum progredientibus scilicet, a 77 ad $77\frac{1}{8}$; aureorum, a $77\frac{1}{8}$ ad $77\frac{1}{5}$; flavorum, a $77\frac{1}{5}$ ad $77\frac{1}{3}$; viridium, a $77\frac{1}{3}$ ad $77\frac{1}{2}$; cæruleorum, a $77\frac{1}{2}$ ad $77\frac{2}{3}$; indicorum a $77\frac{2}{3}$ ad $77\frac{7}{9}$; & violaceorum, a $77\frac{7}{9}$ ad 78.

Hæ sunt leges refractionum radiorum e vitro in aerem transeuntium: unde, ex tertio axiomate primæ Partis hujus Libri, leges refractionum radiorum ex aere contra in vitrum transeuntium, facile deduci poterunt.

EX-

Digitized by Google

EXPERIMENTUM VIII.

Obſervavi præterea, cum lumen ex aere per diverſa refringentia media inter ſe contigua, ut aquam & vitrum, tranſmittatur, indeque iterum in aerem tranſeat; id lumen, ſive ſuperficies quibus id refringatur parallelę ſint inter ſe, ſive inclinatę, tamen quotieſcunque contrariis refractionibus ita correctum ſit, ut emergat tandem in lineis parallelis ad eas in quibus inciderit, deinceps ſemper album permanere: ſin radii tandem emergentes, ſint incidentibus inclinati; tum luminis emergentis albitudinem, pro eo ut id a loco emerſionis ulterius progrediatur, paulatim ſe ab extremis ſui partibus in colores induere. Hoc expertus ſum ſatis accurate, refringendo lumen per priſmata vitrea in vaſe priſmatico aquæ pleno collocata. Jam quidem colores iſti id indicant; radios heterogeneos inæqualibus ſuis refractionibus divergere & a ſe invicem ſeparatos eſſe; quomodo ex iis, quæ ſequuntur, plenius apparebit: e contrario autem, permanens alterius luminis albitudo illud oſtendit; radios ſimiliter incidentes neque poſt emergendum a ſe invicem ſeparatos eſſe, neque ullam conſequenter totarum fuiſſe refractionum inæqualitatem. Unde duo ſequentia theoremata colligere mihi videor.

1. Exceſſus ſinuum refractionis variorum generum radiorum, ſuper communem ſinum incidentiæ, cum refractiones fiant e pluribus diverſis mediis denſioribus immediate in unum idemque medium rarius, puta aerem tenuiſſimum; eſſe inter ſe in data proportione.

2. Proportionem ſinus incidentiæ ad ſinum refractionis radiorum unius ejuſdemque generis ex uno quovis medio in aliud tranſeuntium, compoſitam eſſe ex proportione ſinus incidentiæ ad ſinum refractionis e primo medio in quodvis tertium, & ex proportione ſinus incidentiæ ad ſinum refractionis e tertio illo medio in ſecundum.

Ex primo theoremate, data refractione radiorum unius cujuſvis generis, inveniuntur refractiones radiorum omnium generum e quovis medio in aerem tranſeuntium. Exempli gratia: ſi refractiones cujuſque generis radiorum ex aqua pluvia in aerem tranſeuntium, quæ ſint, quærantur; ſubducatur communis ſinus incidentiæ e vitro in aerem, de ſinibus refractionis; eorumque exceſſus erunt 27, $27\frac{1}{8}$, $27\frac{1}{5}$, $27\frac{1}{3}$, $27\frac{1}{2}$, $27\frac{2}{3}$, $27\frac{7}{9}$, 28. Pone jam ſinum incidentiæ radiorum minime refrangibilium ex aqua pluvia in aerem tranſeuntium, eſſe ad ſinum refractionis eorundem, ut 3 ad 4; & ſupputa hoc modo: Ut 1, quæ eſt differentia iſtorum ſinuum, ad 3, qui eſt ſinus incidentiæ; ſic 27, qui eſt minimus exceſſuum ſupra memoratorum, ad quartum numerum 81; eritque jam iſte numerus 81, communis ſinus incidentiæ ex aqua pluvia in aerem; ad quem quidem ſinum ſi addas ſingulos ſupra memoratos exceſſus, habebis tandem ſinus refractionum quæſitos, 108, $108\frac{1}{8}$, $108\frac{1}{5}$, $108\frac{1}{3}$, $108\frac{1}{2}$, $108\frac{2}{3}$, $108\frac{7}{9}$, 109.

Ex poſteriori theoremate invenitur refractio e medio uno in alterum, quando datæ ſunt refractiones ex utroque eorum in quodvis tertium. Exempli gratia: ſi ſinus incidentiæ cujuſvis radii e vitro in aerem, ſit ad ſinum refractionis ſuæ, ut 20 ad 31; ſinus autem incidentiæ ejuſdem radii ex aere in aquam, ſit ad ſinum refractionis ſuæ, ut 4 ad 3; utique ſinus incidentiæ iſtius radii e vitro in aquam, erit ad ſinum refractionis ſuæ, ut 20 ad 31 & 4 ad 3 conjunctim, hoc eſt, ut factum ex 20 & 4 ad factum ex 31 & 3, ſive ut 80 ad 93.

Atque ſi hæc quidem theoremata in Opticen recipiantur, ampliſſima jam ſcientiam iſtam nova ratione fuſe copioſeque tractandi patebit materies; quippe cum non modo doceri jam poſſint ea, quæ ad viſum amplius perficiendum pertineant; verum etiam mathematice definiri omne genus colorum phænomena, quæ ex refractionibus oriri queant. Etenim quo hoc fiat, nihil aliud requiritur, niſi ut inveniantur radiorum heterogeneorum ſeparationes, eorumque variæ mixturæ inter ſe, & qua proportione ex ſingulæ mixturæ fiant. Hoc ipſo ratiocinandi genere, ego omnia fere

pha-

Digitized by Google

phænomena, quæ quidem in his libris exposita sint, atque etiam alia quædam in præsenti materie minus necessaria memoratu, inveni. Ex successu autem, quem ipse in his rebus experiundis nactus sum, spondere ausim, qui recte prius argumentatus fuerit, & deinde omnia bonis cum vitris justaque cum circumspectione experiundo tentaverit, eum spem suam non frustraturum. Verum id ante intelligat oportet; ex quibusvis coloribus quavis proportione commixtis, qui demum de novo orituri sint colores.

PROPOSITIO IV. THEOREMA III.

Colores compositione procreari possunt, qui luminis homogenei coloribus plane similes sint futuri, in speciem quidem & ad oculorum sensum, non autem in coloris immutabilitatem & ad constitutionem ac naturam luminis. Iique colores, quanto magis compositi sunt, tanto minus largi intensique fiunt; donec nimia tandem compositione dilutiores languidioresque facti, penitus demum evanescant, in album vel subalbidum conversi. Fieri quoque potest ut colores compositione producantur, qui nullis homogenei luminis coloribus prorsus similes sint futuri.

ETenim ex mixtura rubri atque flavi homogeneorum oritur color aureus in speciem ei plane similis, qui in colorum simplicium prismate exhibitorum serie inter rubrum illum atque flavum interjacet. Verum lumen unius horum colorum aureorum, homogeneum est ad refrangibilitatem; alterius autem, heterogeneum: item unius horum colorum species, cum per prisma inspiciatur, eadem manet nec quicquam immutata; alterius autem, mutatur & resolvitur in colores suos simplices, rubrum atque flavum. Similiter, ex aliis homogeneis coloribus inter se propinquis, componi poterunt novi colores, qui sint coloribus homogeneis interjacentibus similes. Exempli gratia: ex flavo & viridi inter se commixtis, oritur color inter eos medius: & si huic deinceps superaddideris cæruleum; fiet ex omnibus color viridis, qui est trium illorum inter se permixtorum medius. Etenim flavus & cæruleus, si sint æqua portione admixti, viridem intermedium in ista permixtione ad se utrinque ex æquo pertrahent, & quasi paribus virium momentis libratum servabunt, ut is neque ad flavum ex una parte, neque ad cæruleum ex altera descendat, sed commixtis utriusque actionibus color inter utrumque medius permaneat. Ad hunc viridem permixtum, adhuc superadjici poterit nonnihil rubri ac violacei; & tamen color viridis non continuo evanescat, sed languidior solummodo & subpallidus fiat; donec, amplius adauctis coloribus rubro & violaceo, viridis iste magis magisque dilutus factus superetur tandem nimietate colorum adjectorum, & in albitudinem aut alium aliquem colorem immutetur. Similiter, si ad lumen homogeneum cujusvis coloris, adjiciatur album Solis lumen, quod est ex omnibus radiorum generibus compositum; color iste non continuo evanescet aut genus suum immutabit, sed duntaxat dilutior fiet; & pro eo ut luminis albi amplior adferatur accessio, magis adhuc magisque dilutus erit factus perpetuo. Denique, si ruber & violaceus inter se permisceantur; orientur inde varii colores purpurei, pro eo, qua proportione illi invicem commixti fuerint, diversi inter se; neque ullius coloris homogenei speciem aut similitudinem habentes: Atque ex his quidem purpureis, admixto flavo & cæruleo, alii itidem novi colores produci poterunt.

Digitized by Google

PROPOSITIO V. THEOREMA IV.

Albitudo & colores omnes cinerei inter album & nigrum, componi possunt ex coloribus: & Solis luminis albor compositus est ex primariis omnibus coloribus, apta portione inter se commixtis.

Probatio ab experimentis desumpta.

EXPERIMENTUM IX.

CUM Solis luminis radius in cubiculum tenebricosum per parvum rotundum fenestræ operculi foramen transmissus, & deinde per prisma refractus, depingeret in pariete coloratam Solis imaginem P T; (*Fig.* 5. *Tab. I.*) objeci ante istam imaginem chartam albam V, ita ut ea lumine colorato ab imagine reflexo illuminaretur, nec tamen ullam partem luminis a prismate ad imaginem transeuntis interciperet. Observavi autem, quum charta propius ad unum aliquem imaginis colorem, quam ad cæteros admota esset; tum eam illo colore, ad quem propius admota esset, infectam apparere: quum autem æquali aut fere æquali intervallo ab omnibus coloribus distaret, adeo ut ex æquo omnium lumine reflexo illuminaretur; tum albam apparere. In hac ultima autem chartæ positione, si colorum aliqui interciperentur, charta albitudinem suam continuo amisit, & eum deinceps colorem induebat, qui esset reliqui luminis non intercepti color. Itaque charta ea illuminata erat radiis variorum colorum, nempe rubris, flavis, viridibus, cæruleis & violaceis; & unaquæque luminis istius pars suum colorem retinebat, donec in chartam incideret, indeque ad oculum reflecteretur: adeo ut siquod lumen unius certi coloris vel solum fuisset, (intercepto nimirum reliquo lumine,) vel si nimia portione reliquis coloribus admixtum fuisset, & proinde in lumine a charta reflexo prævaluisset ac dominatum esset; utique id suo colore chartam infecturum fuisset. Nihilominus singulæ luminis partes, suum quæque colorem ita retinentes, admixtæ tamen reliquis omnibus coloribus apta proportione, effecerunt ut charta alba videretur; & consequenter apta sui compositione atque permixtione inter se, colorem album constituebant. Singulas colorati luminis ab imagine reflexi partes, dum inde per aerem propagantur, suum quamque, ut dixi, proprium colorem retinere, sane manifestum est; quia ubicunque in oculos spectatoris incidunt, partes imaginis suo quamque colore distinctas exhibent. Retinent igitur suos singulæ colores, etiam cum in chartam V incidunt; & consequenter perfecta permixtione suorum omnium colorum, albitudinem constituunt luminis a charta reflexi.

EXPERIMENTUM X.

Incidat jam colorata illa Solis imago P T (*Fig.* 6. *Tab. II.*) in lentem M N, amplius quatuor uncias latam, & circiter sex pedum intervallo a prismate A B C distantem; quæque ea sit figura, qua efficiat ut lumen coloratum a prismate divergens, convergat deinceps, & in focum G, interjecto circiter sex octove pedum intervallo, colligatur; ibique in chartam albam D E ad perpendiculum incidat. His ita dispositis, observare licebit, si charta illa alba ultro citroque moveatur, totam Solis imaginem, quum in charta illa *e d* jam ad lentem propius admota excipiatur, coloribus clarissimis (quomodo supra expositum est) in loco *p t* distinctam apparituram; pro eo autem, ut charta a lente recedat, colores istos ad se invicem perpetuo appropinquaturos, & magis magisque se inter se commiscendo dilutiores continuo factum iri; tandemque, quum charta in ipso foco G collocata sit, inter se jam penitus commixtos, plane evanituros esse omnes, & in albitudinem abituros; toto scilicet lumine in parvum album circulum super chartam coacto: verun-

tamen

Digitized by Google

tamen hoc ita fieri, ut, si charta adhuc longius a lente recedat, radii qui ante convergerant, jam deinceps se in foco G decussatim secantes, indeque postea divergentes, effecturi sint ut colores iterum appareant; verum contrario, ac prius, ordine; puta, ad δ ε; ubi color ruber t, qui ante inferior fuerat, jam superior factus sit; & cæruleus p, qui ante superior fuerat, jam factus sit inferior.

Finge jam chartam positam in ipso foco G; ubi lumen, in circulum coactum, album plane apparet: ejusque albitudinem, qualis sit, consideremus. Dico autem, albitudinem istam compositam esse ex coloribus universis in unum coactis. Etenim siquis unus pluresve colorum illorum ad lentem intercipiantur; albitudo illa continuo evanescet, & in eum convertetur colorem, qui ex reliquorum colorum non interceptorum permixtione oriri debeat. Quod si coloribus, qui intercepti fuerint, iterum deinde ut transeant permittatur, inque colorem illum compositum incidant; jam rursus, cum illo commixti, albitudinem priorem restituent. Exempli gratia, si colores violaceus, cæruleus, & viridis intercipiantur; utique ex flavo, aureo & rubro, qui supererunt, compositus erit in charta color aureus: quod si colores isti intercepti, iterum deinde ut transeant permittas, inque aureum istum compositum incidant; jam rursus, cum illo commixti, albitudinem conficient. Similiter, si ruber & violaceus intercipiantur; utique ex flavo, viridi, & cæruleo, qui supererunt, compositus erit in charta color viridis: qui quidem ruber ac violaceus, si iterum deinde transmittantur, inque viridem istum incidant; jam rursus, cum eo commixti, albitudinem efficient. Radios autem diversos in isto albo composito, non quidem agendo ulla ratione in se invicem, mutationem ullam qualitatum suarum colorificarum subire, sed commisceri solummodo inter se, atque ea quidem colorum suorum permixtione albitudinem conficere; ex sequentibus argumentis amplius apparere poterit.

Si charta ultra focum G collocata sit, puta ad δ ε; colorque ruber ad lentem intercipiatur alternis, atque transmittatur: color violaceus, qui erit in charta, nihil inde immutabitur; quomodo omnino mutari deberet, si radii diversorum generum, qui decussantur in foco G, ibi in se invicem agerent. Neque color ruber, qui est in charta, quicquam immutabitur; utcunque violaceus, qui eum in transversum secat, intercipiatur alternis & transmittatur.

Porro, si charta collocata sit in foco G; & alba rotundaque imago ad G inspiciatur per prisma H I K, eaque refractione transferatur ad locum $r v$, ibique variis induta videatur coloribus, nempe violaceo ad v, rubro ad r, reliquisque in media sui parte coloribus intermediis; color ruber autem deinceps ad lentem intercipiatur identidem & transmittatur alternis: utique color ruber ad r itidem evanescet, denuoque comparebit similibus vicibus; violaceus autem ad v nihil quicquam inde immutabitur. Similiter, si cæruleus ad lentem intercipiatur identidem & transmittatur alternis: jam cæruleus ad v itidem evanescet, denuoque comparebit; ruber autem ad r, nihil quicquam immutabitur. Igitur color ruber pendet ex uno genere radiorum, cæruleus autem ex alio genere; iique radii diversorum generum in foco G, ubi commixti sunt, non agunt in se invicem. Quod autem de his duobus coloribus dictum est, id de reliquis quoque coloribus dictum intelligendum est.

Considerabam præterea, quum radii maxime refrangibiles $P p$, minimeque refrangibiles $T t$, convergendo ad se invicem inclinati sint; si jam charta radiis illis in foco G valde obliqua objiceretur; fieri utique posse, ut ea unum genus radiorum copiosius quam cæteros reflecteret; eoque pacto lumen in foco isto reflexum, eo colore infectum videretur, qui esset radiorum numero prævalentium: atque hoc quidem ita fore, si radii isti suum quisque colorem sive qualitatem colorificam in albo illo composito, quod esset in foco, retinerent: verum si suum quisque colorem in ista albitudine non retinerent, sed e contrario singuli eo in loco ita comparati essent facti, ut in nobis sensum albitudinis jam singuli excitarent; tum futurum, ut ii albitudinem suam istiusmodi reflexionibus nequaquam possent amittere. Inclinabam itaque chartam ad radios valde oblique, sicuti in secundo experimento hujus

Digitized by Google

Partis feceram, ut radii maxime refrangibiles copiosius quam reliqui reflecterentur; jamque albitudo se convertebat in colorem cæruleum, indicum, & violaceum ex ordine. Deinde chartam in contrarias partes inclinabam, ut radii minime refrangibiles copiosius quam cæteri reflecterentur, jamque albitudo convertebat se contrario ordine in flavum, aureum, & rubrum.

Denique, instrumentum X Y pectinatim dentatum comparabam, cujus sexdecim dentes latitudine circiter sesqui-unciales essent, intervalla autem dentium circiter binas uncias complecterentur. Atque hujus quidem instrumenti dentes prope a lente per vices interponens, intercipiebam dentis interpositi interjectu partem aliquam colorum, dum reliqui per intervalla dentium transmissi ad chartam D E, rotundam & coloratam in ea Solis imaginem depingerent. Verum chartam ante ita collocaveram ut quotiescunque submotus esset pecten, imago alba appareret: tumque interposito, ut dixi, pectine; albitudo illa, propter partem colorum ad lentem interceptam, semper convertebat se in colorem eum, qui esset ex coloribus non interceptis compositus; isque color, motu pectinis, ita variabatur perpetuo, ut interea dum unus quisque dens præter lentem ferretur, colores hi omnes, ruber, flavus, viridis, cæruleus & violaceus, semper invicem succederent. Effeci igitur ut dentes singuli præter lentem ordine ferrentur: cumque motus eorum lentior esset, colores antedicti ordine perpetuo in charta invicem succedere distincte videbantur: verum cum motus pectinis adeo celer esset factus, ut propter nimiam colorum prætereuntium velocitatem, ii distincte discerni & internosci haud potuerint; colores illi singuli in speciem penitus evanuerunt. Utique nihil amplius coloris rubri, nihil flavi, nihil viridis, nihil cærulei, nihil purpurei apparebat; sed ex permixtione omnium, unus usquequaque sui consimilis oriebatur color albus. Jam quidem luminis hujusce, quod ex colorum omnium permixtione album hoc modo videbatur, nulla revera pars alba erat. Una pars rubra erat, alia flava, alia viridis, alia cærulea, alia purpurea; atque hæ quidem partes suum quæque colorem usque eo retinent, donec in sensorium incidant. Siquando hæ partes coloratæ; sui impressiones in sensorio adeo lente faciant, ut singulæ distincte percipi queant; utique colorum singulorum sibi invicem ordine perpetuo succedentium distinctus excitatur sensus: sin autem hæ impressiones tanta celeritate se invicem consequantur, ut singulæ distincte percipi non possint; jam ab universis unus communis omnium excitatur sensus, qui neque est unius duntaxat coloris, neque alterius cujusvis, sed ex æquo omnium; isque est sensus, qui vocatur, albitudinis. Ex nimia ipsarum invicem succedendi celeritate, impressiones singulorum colorum in sensorio confusæ sunt inter se; & ex ista confusione, oritur permixtus unus omnium sensus. Si carbo candens sæpius in circulum versetur summa celeritate, circulus videbitur totus igneus: cujus quidem rei causa hæc est; quod sensus, quem carbo, dum est in diversis partibus istius circuli, excitat, manet usque in sensorio impressus, donec carbo sit eodem loci iterum reversus. Consimili plane ratione, quum colores se invicem summa celeritate consequantur, utique sensus unius cujusque coloris in sensorio usque eo impressus manet, donec colores omnes ordine transierint, isque primus color iterum revertatur. Itaque colorum omnium invicem succedentium impressiones, simul in sensorio sunt; & conjunctim unum communem omnium sensum excitant. Adeoque ex hoc experimento liquet; commixtas colorum omnium impressiones, excitare in nobis sensum albitudinis; hoc est, albitudinem compositam esse ex coloribus universis inter se commixtis.

Quod si jam submoveatur pecten, ut colores omnes uno eodemque tempore a lente ad chartam transmittantur, ibique inter se commisceantur, indeque ad spectatoris oculum omnes simul reflectantur; utique impressiones ipsorum in sensorio factæ, quoniam jam multo subtilius penitiusque permixtæ erunt inter se, sensum albitudinis excitare debebunt multo magis.

Loco lentis, adhibere licebit bina prismata (*Fig.* 7. *Tab. II.*) H I K & L M N, quæ refringendo coloratum lumen in contrarias partes, ac a primo prismate id fuerat

rat

Digitized by Google

rat refractum, efficere possint ut radii jam divergentes convergant deinceps, & in G iterum conveniant; quomodo rem in septimo schemate depictam videre est. Etenim quo in loco radii in unum conveniunt, & permixti sunt inter se; eo in loco lumen album conficient, sicuti quum lens abhiberetur.

EXPERIMENTUM XI.

Incidat colorata Solis imago P T (*Fig.* 8. *Tab. II.*) in cubiculi tenebricosi parietem, quomodo supra in tertio experimento primæ Partis hujus Libri expositum est; inspiciaturque ea imago per prisma *a b c*, quod parallelum sit priori prismati A B C, cujus refractione imago ista effecta fuerit: ita ut jam, admoto ad oculum secundo prismate, ea imago inferior, quam ante, videatur; puta in loco S, ex adverso coloris rubri T. His ita dispositis; si jam ad imaginem istam P T propius accedas, ea oblonga videbitur & colorata in loco S, similiter ac in loco P T: verum si ab ea longius recedas, colores in loco S contrahentur magis magisque in brevitatem, tandemque plane evanescent, imagine ad S in figuram rotundam plane atque albam coacta: quod si adhuc longius recedas, colores iterum quidem se explicabunt; sed contrario, ac prius, ordine. Jam quidem imago illa, quæ est ad S, hoc in casu alba tum videtur, quum radii diversorum generum, qui a diversis partibus imaginis P T ad prisma *a b c* convergunt, in hoc posteriori prismate ita refringuntur inæqualiter, ut in transitu suo ab isto prismate ad oculum, divergant deinceps ab uno eodemque puncto imaginis S, adeoque postea in unum idemque punctum in fundo oculi incidant, ibique inter se commisceantur.

Ad hæc, si pecten insuper adhibeatur, cujus dentibus colores in imagine P T per vices intercipiantur; imago quæ videtur in S, colores varios ordine, dum pecten lente movetur, perpetuo induet. At cum, accelerato pectinis motu, colores ocyus adeo sibi invicem succedant, ut distincte cerni singuli haud queant; tum imago S, confuso & in unum commixto colorum omnium sensu, alba apparebit.

EXPERIMENTUM XII.

Cum Solis lumen per prisma satis amplum A B C (*Fig.* 9. *Tab. III.*) transmissum, incideret deinceps in pectinem X Y proxime post prisma illud collocatum; luminis id, quod per dentium transiret intervalla, ut exciperetur demum charta alba D E effeci. Dentium latitudines pares similesque erant., ac ipsorum intervalla; dentesque septeni, una cum suis intervallis, uncias singulas spatio complectebantur. His ita dispositis; si jam charta intervallo circiter duarum triumve unciarum a pectine distaret; fiebat continuo, ut lumen per intervalla dentium transmissum, totidem fascias colorum *k l*, *m n*, *o p*, *q r*, &c. parallelas inter se atque contiguas, nec quicquam alboris sibi admixtum habentes, in charta depictas exhiberet. Atque hæ quidem colorum fasciæ, siquando pecten ultro citroque in transversum identidem moveretur, ascendere vicissim atque descendere in charta videbantur: si autem pectinis motus porro adeo celer esset factus, ut colores singuli distincte cerni amplius atque internosci haud potuerint; jam confuso inter se atque in unum permixto colorum omnium sensu, charta tota alba apparebat.

Finge deinceps pectinis motum sisti, chartamque a prismate longius remotam esse: jamque futurum erit, ut fasciæ colorum ante dictæ, sese extendant continuo atque dilatent, & sibi invicem magis magisque intermisceantur; eaque colorum permixtione inter se, dilutiores perpetuo fiant; tandemque, cum charta & pecten circiter pedis unius intervallo, aut paulo plus eo, inter se distent, (puta in loco 2 D 2 E,) colores universi inter se penitus commixti in albitudinem plane abeant.

Quod cum factum sit; admoto deinde quovis obstaculo, intercipiatur id omne lumen, quod per unum aliquod dentium intervallum transmittebatur; adeo ut colorum fascia ea, quæ inde orta erat, jam sublata sit: jamque videbis lumen reliquarum

rum

Digitized by Google

rum fasciarum se in fasciæ sublatæ locum extendere, ibique coloribus se induere. Quod si fascia ea intercepta ut iterum deinde in chartam, sicuti prius, incidat permittas; utique colores ipsius, jam in reliquarum fasciarum colores incidentes, eisque se denuo admiscentes, efficient ut albitudo iterum exhibeatur.

Denique, charta 2 D 2 E jam ad radios sibi incidentes valde inclinata sit; adeo ut radiorum maxime refrangibiles copiosius quam cæteri reflectantur: jamque chartæ albor, propter radios hosce nimia portione lumini reflexo admixtos, immutabit se in colorem cæruleum & violaceum. Sin autem charta e contrario eam in partem inclinetur, qua fiat ut radiorum minus refrangibiles copiosius quam cæteri reflectantur; jam chartæ albor, propter istos radios nimia portione lumini reflexo admixtos, convertetur in colorem flavum & rubrum. Ex quo apparet, radios diversos in eo albo lumine inter se commixtos, suam tamen quemque retinere *colorificam qualitatem*; qua radii unius cujusvis generis, ubicunque reliquis copiosiores adsint, utique prævalendo inter cæteros atque dominando, suus ut color ibi exhibeatur efficiunt.

Qua quidem eadem argumentandi ratione, ad tertium experimentum hujus Partis applicata, concludi poterit, colorem illum album, qui est luminis omnis refracti jam primum emergentis color, æque ac fuerat incidentis, itidem ex variis coloribus compositum esse.

EXPERIMENTUM XIII.

In experimento jam dicto, pectinis dentium intervalla, totidem prismatum partes explent; quippe singula intervalla prismatibus singulis respondentia, phænomenon simile exhibent, ac totidem prismata fecissent. Quare pectinis dentium loco, prismata plura adhibens, conatus sum ex coloribus ipsorum permixtis albitudinem conflare: idque effeci, tribus duntaxat prismatibus, vel etiam duobus solummodo adhibitis; ea, quæ sequitur, ratione. Duo prismata A B C (*Fig.* 10. *Tab. III.*) & *a b c*, quorum anguli refringentes B & *b* sint æquales, parallela inter se ita collocentur, ut angulus refringens B unius prismatis, contingat angulum *c* qui est ad basin alterius; faciesque ipsorum C B & *c b*, per quas radii emergunt, in directum jaceant. Tum lumen per prismata ista trajectum excipiatur charta M N, quæ intervallo circiter octo duodecimve unciarum a prismatibus distet. Jamque colores ab interioribus binorum prismatum extremis B & *c* generati, commiscebuntur in loco P T, ibique albitudinem efficient. Etenim si alterutrum horum prismatum submoveatur; colores ab altero generati, apparebunt in loco illo P T: Cum autem prius prisma iterum in locum suum admoveatur, ut colores ipsius denuo in colores alterius incidant; jam ex coloribus istis inter se permixtis, iterum orietur albitudo.

Succedet etiam hoc experimentum, uti ipse experiundo intellexi, quum prismatis inferioris angulus *b* paulo major sit, quam superioris angulus B; interque angulos interiores B & *c*, spatii aliquid B *c*, quomodo in schemate exhibetur, interjectum sit; faciesque refringentes B C & *b c* neque in directum positæ sint, neque inter se parallelæ. Etenim quo hoc experimentum ex sententia succedat, nihil amplius requiritur, quam ut radii omnium generum uniformiter commixti sint super charta in loco P T. Si radii maxime refrangibiles a superiori prismate provenientes, occupent id omne spatium, quod est ab M ad P; debebunt radii ejusdem generis, ab inferiori prismate provenientes, occupare reliquum omne spatium quod interjacet inter P & N. Si radii minime refrangibiles a superiori prismate provenientes, occupent spatium M T; debebunt radii ejusdem generis, ab altero prismate provenientes, occupare reliquum omne spatium quod est a T ad N. Si radii unius generis eorum, qui sint mediis refrangibilitatis gradibus, a superiori prismate provenientes, diffusi sint per spatium M Q; eorumque aliud genus, per spatium M R; aliudque adhuc genus, per spatium M S: utique radii eorundem generum, ab inferiori prismate provenientes, debebunt occupare spatia reliqua Q N, R N, S N, sin-

Digitized by Google

ſinguli ſingula: quodque de his dictum eſt, id de reliquis omnibus radiorum generibus dictum intelligi oportet. Etenim hoc pacto radii cujuſque generis, diſperſi erunt per totum ſpatium M N æqualiter atque uniformiter; adeoque uſquequaque æqua portione commixti, unum eundemque omni in parte colorem exhibere debebunt. Quare cum in exterioribus partibus M P & T N, ex hac radiorum omnium mixtura color compoſitus ſit albus; efficitur utique, ut in interiori quoque ſpatio P T, colorem album ſimiliter generari oporteat. Hæc eſt ratio compoſitionis ejuſce, qua albitudo in hoc experimento producta eſt: & quacunque mihi alia unquam ratione ſimilis erat facta compoſitio, ſemper inde nata eſt albitudo.

Denique, ſi dentibus pectinis, qui ſint apta magnitudine, lumina colorata binorum priſmatum in ſpatium P T incidentia intercipiantur alternis; ſpatium illud P T, cum ſcilicet lente moveatur pecten, coloribus ſemper videbitur infectum: verum ſi pectinis motus adeo celer ſit factus, ut colores ocyus ſibi invicem ſuccedentes, cerni diſtincte ſinguli haud queant; ſpatium id album videbitur.

EXPERIMENTUM XIV.

Hactenus albitudinem ex colorum priſmatibus generatorum mixtura atque compoſitione conflavimus: reſtat ut de corporum naturalium coloribus inter ſe permixtis dicamus. Si igitur aqua ſapone nonnihil incraſſata, ad ſpumas agendas agitata ſit; brevi interjecto temporis ſpatio, attentius eam inſpicienti videbuntur bullularum ſingularum ſuperficies variis undique coloribus interſtinctæ: at qui eam e longinquo adeo aſpiciet, ut colores ſingulos diſtincte internoſcere haud queat; is totam ſpumam ſummo albore undique ex æquo videbit candicantem.

EXPERIMENTUM XV.

Denique, cum id agerem, ut ex coloribus, ſive pulveribus coloratis, quibus pictores utuntur, inter ſe permixtis, colorem album componerem; conſiderabam pulveres omnes coloratos, magnam partem luminis, quo illuſtrantur, reſtinguere intra ſe atque delere. Etenim ii illa ipſa de cauſa colorati evadunt, quod lucem eam, quæ eſt ſuo ipſorum colore, copioſius reflectant; eam autem, quæ eſt aliis omnibus coloribus, parcius reflectant; neque tamen eam ipſam lucem, quæ eſt ſuo ipſorum ſingulorum colore, tam copioſe reflectunt, quam faciunt corpora alba. Si minium, exempli gratia, & charta alba ſimul collocata ſint in lumine rubro imaginis illius coloratæ, quæ in cubiculo tenebricoſo priſmatis refractione exhibetur, quomodo in tertio experimento primæ Partis hujus Libri deſcripſimus; utique charta luminoſior videbitur, quam minium; e qua ſcilicet radii ipſi rubri copioſius, quam ex ipſo minio, reflectuntur. Quod ſi hæc eadem corpora in lumine, quod ſit alio quovis colore, collocata ſint; charta luminoſior minio, multo etiam jam magis quam antea, apparebit. Hocque idem in omnibus colorum quorumcumque pulveribus ſimiliter accidit. Quocirca ex hujuſmodi pulverum permixtione non expectandum eſt ut oriatur albor clarus atque candens, qualis eſt chartæ candor; ſed albitudo obſcura quædam ac nubila, qualem ex luce ac tenebris, vel candido & nigro permixtis orituram expectes; color nimirum leucophæus quidam aut fuſcus, qualis eſt color unguium, color murinus, cineraceus, lapideus, color mortarii, cœni vel luti, & ſimilium. Atque talem quidem colorem ſubalbidum obſcuriorem, ex pulveribus coloratis inter ſe permixtis ſæpe confeci. Exempli gratia; cum minii portione una, viride æris quintupla portione commixtum, exhibuit colorem quendam murinum. Etenim horum duorum colorum uterque ita ex aliis ante erat compoſitus, ut in ambobus jam colorum ineſſet mixtura univerſorum: minium autem, propter colorem ſuum luminoſiorem & pleniorem, minori portione quam viride æris adhibebam. Similiter, minium ſimplici, & cæruleum montanum quadruplici portione permixta, conficiebant colorem quendam fuſcum ſubpurpuraſcentem; qui

qui-

Digitized by Google

quidem color, admixto deinde composito quodam ex auripigmento & viridi æris certa portione commixtis, desiit purpurascere, & fuscus plane est factus. Verum hoc experimentum melius successit sine minio, hoc modo. Ad auripigmentum adjeci paulatim purpuram quandam claram atque luminosam, qua utuntur pictores; usque eo donec auripigmentum flavum esse desineret, & colore factum esset rubro pallescente: tum istum colorem subrubrum adhuc dilutiorem feci, admiscendo viride æris parva portione, & cæruleum montanum paulo majori portione, donec is evaderet leucophæus subalbidus color talis, qui ad nullum ex dictis coloribus unum magis quam ad alium accederet. Etenim hoc pacto factus est color albus talis, qui cineres, aut lignum recens cæsum, aut cutem humanam albitudine æquaret. Auripigmentum plus luminis, quam alius ullus ex pulveribus reflexit; ac proinde plus, quam illi, ad coloris compositi alborem contulit. Qua proportione hujusmodi pulveres commisceri debeant, accurate definire, difficillimum quidem fuerit propter inæqualem ejusdem generis pulverum bonitatem. At in universum unumquemque pulverem, pro eo ut color ipsius magis minusve plenus, clarus, luminosusque fuerit, ita ipsum minori majorive portione adhiberi oportebit.

Porro, quandoquidem colores hi fusci atque leucophæi generari quoque possunt ex albis nigrisque varie inter se permixtis; & consequenter differunt a vere candidis, non genere colorum, sed duntaxat claritatis gradu: manifestum est, quo hi colores plane candidi evadant, nihil amplius requiri, quam ut lumen ipsorum satis augeatur. Similiter, e contrario, si hi colores, adaucto duntaxat ipsorum lumine, in candorem perfectum absolvi poterunt; consequens erit, eos eodem esse plane coloris genere, ac candidorum optimos; ab illisque nulla alia in re differre, nisi in luminis solummodo quantitate. Hocque experiundo probavi, ea, quæ sequitur, ratione. Mixturarum leucophæarum supra memoratarum postremam, (eam nempe, quæ ex auripigmento, purpura, cæruleo montano & viridi æris esset composita,) cubiculi tabulato, qua parte Sol ei per fenestram apertam colluceret, crasse illevi; & prope hanc mixturam, chartulam albam ejusdem magnitudinis in umbra collocavi. Tum ad intervallum duodecim octodecimve pedum retro cedens, ut neque pulveris superficiei inæqualitatem, neque grumulorum ipsius umbellas discernere potuerim; pulverem videbam valde albescentem, etiam supra chartæ ipsius candorem; maxime si charta, intercepto nubium lumine, paulo magis inumbrata esset; quo quidem in casu charta, in comparationem pulveris, colore jam leucophæo videbatur tali, quali antea visus fuerat pulvis. Verum ita collocando chartam, ut Sol ei trans vitrum in fenestra colluceat; vel adducendo fenestram, ut Sol pulveri jam trans vitrum colluceat; vel alia simili ratione augendo aut minuendo lumina, quibus charta & pulvis sint seorsum illustrata; fieri poterit, ut lumen quo pulvis illuminetur, adeo apta proportione fortius evadat lumine illo, quo illuminetur charta; ut ambo tandem albore videantur plane paria. Etenim cum hoc ipsum experirer, amicum tum forte me invisentem pro foribus detinui; & nec quinam essent colores isti, nec quid agerem, exposui; sed continuo, ex duobus istis coloribus albis uter ei melior videretur, & qua in re inter se differrent, rogavi: qui eos ex intervallo isto attentius aliquantisper contemplatus, respondit, utrumque sibi colorem album satis bonum videri; & nec uter eorum melior esset, nec qua in re inter se differrent, dicere se posse. Quocirca, quando hic quidem albor pulveris in Sole expositi, manifesto compositus erat ex coloribus istis, quos pulveres illi simplices (auripigmentum, purpura, cæruleum montanum, & viride æris) utique ante componendum in eodem lumine expositi habuerunt; omnino fatearis necesse est, tam ex hoc experimento, quam ex priori effici id demum, ut albor perfectus ex coloribus inter se permixtis componi possit.

Ex iis, quæ dicta sunt, liquet etiam Solis luminis alborem compositum esse ex coloribus universis, quibus diversa radiorum lumen illud constituentium genera, quum singulis suis refrangibilitatis gradibus a se invicem separata sint, inficiant chartam aut quodvis album corpus in quod incidant. Etenim colores isti, (per

prop.

Digitized by Google

prop. 2,) sunt immutabiles. Et quandocunque radii illi universi, una cum suis istis coloribus, iterum commixti sunt, id idem lumen album iterum producunt.

PROPOSITIO VI. PROBLEMA II.

In mixtura colorum primariorum, data cujusque quantitate & qualitate, invenire quis sit futurus compositi color.

CEntro O, (*Fig.* 11. *Tab. III.*) semidiametro OD, describatur circulus ADF; distinguaturque circumferentia ipsius in septem partes, DE, EF, FG, GA, AB, BC, CD, quæ sint proportionales tonis septem musicis sive intervallis octo illorum in octava, *sol*, *la*, *fa*, *sol*, *la*, *mi*, *fa*, *sol*; hoc est, quæ sint proportionales numeris $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{9}$. Repræsentet prima pars DE colorem rubrum, secunda EF aureum, tertia FG flavum, quarta GA viridem, quinta AB cæruleum, sexta BC indicum, & septima CD violaceum. Finge hos esse colores omnes luminis simplicis gradatim in se invicem desinentes, quomodo faciunt colores prismate exhibiti: hoc est, repræsentet circumferentia DEFGABCD totam seriem colorum, ab usque uno extremo coloratæ Solis imaginis ad alterum ordine dispositorum: adeo ut a D ad E, sint omnes gradus coloris rubri; in E, color inter rubrum atque aureum medius; ab E ad F, gradus omnes coloris aurei; in F, color inter aureum atque flavum medius; ab F ad G, gradus omnes coloris flavi; & sic deinceps. Porro sit p centrum gravitatis arcus DE; & q, r, s, t, v, x, centra gravitatis arcuum EF, FG, GA, AB, BC, & CD comparate: & circa hæc centra gravitatis describantur circuli, qui sint comparate proportionales radiis singulorum colorum in data mixtura; hoc est, circulus p proportionalis numero radiorum rubrorum in data mixtura; circulus q, proportionalis numero radiorum aureorum in eadem mixtura; & similiter cæteri. Inveni deinde centrum gravitatis commune omnium circulorum istorum, p, q, r, s, t, v, x: quod quidem centrum sit Z. Et per istud Z, a centro circuli ADF, ducta ad circumferentiam linea recta OY; locus puncti istius Y in illa circumferentia ostendet quis nasciturus sit color ex compositione colorum omnium in data mixtura; & linea OZ erit proportionalis largitati sive saturitati istius coloris, hoc est, ostendet quantum is distet ab albitudine. Exempli gratia: Si Y incidat in locum medium inter F & G; color ex data compositione nasciturus erit flavus optimus: si Y declinet de medio ad F vel G versus; color compositus erit proinde flavus aurescens vel viridescens. Si Z incidat in ipsam circumferentiam; color erit factus quam possit summe largus floridusque: si incidat in locum medium inter circumferentiam & centrum; color erit dimidio minus satur; hoc est, color erit talis factus, qualis ex flavo largissimo floridissimoque, admixto æqua portione albo, esset oriturus: si denique Z incidat in ipsum centrum O, color jam, amissa penitus saturitate sua omni, plane albus erit factus. Verum id hic observandum est; si punctum Z incidat in lineam OD, vel propius ab ea; cum jam colorum simplicium præcipui sint ruber & violaceus, colorem compositum non utique futurum ullius ex coloribus prismate exhibitis similem, sed purpureum rubescentem aut ad violaceum accedentem, pro eo ut punctum Z ex hac vel illa parte lineæ DO ad E vel C versus ceciderit: & in universum, colorem violaceum compositum, quam simplicem, semper magis clarum esse atque igneum. Item, si ex coloribus primariis duo solummodo, qui scilicet in isto circulo sibi e diametro invicem sint oppositi, commisceantur æqua portione inter se; punctum Z tum casurum quidem esse in ipsum centrum O; nec tamen fore, ut color ex duobus istis compositus sit perfecte albus, sed languidus quidam & evanidus color sine nomine. Neque enim unquam efficere potui, ut ex duobus duntaxat coloribus primariis inter se permixtis, color compositus plane albus esset futurus. Utrum ex tribus coloribus, æqualibus interjectis intervallis, in ista circumferentia desumptis, componi possit color plane albus, necne; equidem haud scio: ve-

Digitized by Google

rum ex quatuor aut quinque inter se permixtis, quin id fieri possit, nihil dubito. Sed hæ sunt curiositates, quæ parum aut nihil conferant ad intelligenda naturæ phænomena. Etenim in omnibus coloribus albis a natura productis, solet inesse permixtio radiorum omnium generum, & consequenter colorum compositio universorum.

Ut regulæ hujusce exemplum apponam; finge colorem componendum ex his, qui sequuntur, coloribus homogeneis; videlicet, ex coloris violacei portione 1, indici portione 1, cærulei portionibus 2, viridis portionibus 3, flavi portionibus 5, aurei portionibus 6, & rubri portionibus 10. Portionibus hisce comparate proportionales describo circulos, x, v, t, s, r, q, p; hoc est, ita ut si circulus x sit 1, circulus v sit utique 1; circulus t, 2; circulus s, 3; & circuli r, q, ac p, sint 5, 6, ac 10. Tum invenio Z centrum gravitatis commune horum omnium circulorum, & per istud Z ducta linea O Y, punctum Y incidit in circumferentiam inter E & F, paulo propius ab E quam ab F: unde concludo colorem ex simplicibus istis compositum, futurum esse aureum, ad rubrum paulo propius accedentem quam ad flavum. Præterea invenio lineam O Z paulo esse minorem dimidio illius O Y: unde concludo colorem huncce aureum compositum, minus aliquanto quam dimidium habere largitatis sive saturitatis illius, quæ est coloris aurei simplicis; hoc est, colorem huncce aureum talem esse, qualis oriri debeat ex aureo homogeneo & colore albo bono commixtis inter se in proportione lineæ O Z ad lineam Z Y; quæ nimirum proportio, non est quantitatum pulverum aurei & candidi commiscendorum, sed quantitatum luminis ipsius quod ab utroque reflectatur.

Atque hanc quidem regulam satis accuratam esse existimo ad experimenta agenda, quamvis non sit mathematice accurata. Porro autem quam vera sit ad sensus judicium, abunde probari potest, intercipiendo ad lentem unum quemvis vel plures colorum in decimo experimento hujus Partis. Etenim reliqui colorum non intercepti, sed ad focum lentis progredientes, conficient ibi vel accurate vel quam proxime colorem talem, qualis secundum hanc regulam ex permixtione ipsorum oriri debeat.

PROPOSITIO VII. THEOREMA V.

Colores omnes in rerum universitate, qui quidem ex lumine oriantur, & non a viribus imaginationis pendeant, sunt vel colores luminum homogeneorum, vel ex illis compositi; idque vel accurate, vel quam proxime, secundum regulam in præcedenti problemate expositam.

Etenim probavimus (prop. 1. hujus Partis,) colorum varietatem refractionibus exhibitam, non oriri ex novis radiorum modificationibus, inter refringendum scilicet lumini impressis, & a varia luminis umbræque pendentibus terminatione: in qua quidem sententia philosophi omnes antehac fuere. Probavimus etiam (prop. 1. primæ Partis, & prop. 2. hujus Partis,) diversos radiorum homogeneorum colores, singulos singulorum refrangibilitatis gradibus semper respondere; istosque refrangibilitatis gradus (prop. 2. primæ Partis,) non posse ullis refractionibus aut reflexionibus mutari; & consequenter neque colores ipsos posse mutari. Insuper autem probavimus directo, refringendo & reflectendo lumina homogenea separatim, (prop. 2. hujus Partis,) colores ipsorum non posse mutari. Porro, probavimus radios diversorum generum inter se permixtos, & per unum idemque spatium inter decussandum transeuntes, (exper. 10. hujus Partis,) non ibi in se mutuo ita agere, ut suas invicem qualitates colorificas immutent; sed intermiscendo actiones suas in sensorio, sensum illic excitare alium commixtos, ac excitassent separati; hoc est, sensum talis coloris, qui sit inter proprios singulorum colores medius: & particulatim, quum concursu & mixtura radiorum omnium generum, color albus generetur; album illum (prop. 5. hujus Partis,) esse utique permixtionem colorum illorum

rum

Digitized by Google

rum omnium, quos radii singuli habuissent separatim: radios nimirum in ista mixtura non amittere aut immutare suas singulorum qualitates colorificas, sed variis suis actionibus in sensorio permixtis universis, excitare sensum coloris cujusdam inter colores ipsorum singulos medii; qui color scilicet est albitudo. Est enim albitudo color inter omnes medius; quippe qui ad omnes indifferenter se habeat, & æqua facilitate singulis infici queat. Utique pulvis ruber cum cæruleo parva portione commixtus, aut cæruleus cum rubro, non continuo colorem suum amittit; at pulvis albus cum quovis colore commixtus, inficitur continuo ab isto colore; & eadem facilitate ab alio quocunque colore infici potest. Ad hæc probavimus, ut Solis lumen ex omne genus radiis compositum est, ita alborem ipsius compositum esse ex coloribus radiorum omnium generum; quippe isti radii, cum ab initio suas singuli colorificas qualitates æque ac refrangibilitates habuerint, tum eas retineant scilicet perpetuo immutabiles, non obstantibus refractionibus aut reflexionibus quibuscunque: quandocunque autem ullum genus Solis radiorum, ullo pacto (ut reflexione in experimentis nono & decimo primæ Partis, aut refractione ut in omnibus refractionibus fit,) a reliquis separatum sit; tum eos coloribus videri propriis & suis. Hæc, inquam, omnia ante probavimus: Hæcque omnia simul sumpta id efficiunt, ut propositio, quam jam ponimus, satis fit comprobata. Si enim Solis lumen compositum est ex radiis diversorum generum, qui suos singuli congenitos refrangibilitatis gradus qualitatesque colorificas habent, & non obstantibus refractionibus aut reflexionibus, separationibus aut permixtionibus quibuscunque, suas istas tamen singuli congenitas proprietates perpetuo sine ulla immutatione retinent: utique efficitur necessario, ut colores omnes, qui sunt in rerum universitate, tales sint, quales semper oriri debeant ex congenitis qualitatibus colorificis radiorum illorum, ex quibus lumina, per quæ colores isti sub aspectum veniant, composita sint. Quare, cum ratio & causa cujuscunque coloris, quæ sit, requiratur; id duntaxat nobis agendum restat, ut consideremus quo pacto radii, qui sunt in Solis lumine, fuerint vel reflexionibus vel refractionibus vel aliis quibusvis causis a se invicem separati, vel inter se commixti; vel ut alio quovis modo inveniamus quæ genera radiorum, & qua proportione, insint in eo lumine, per quod color iste exhibetur; & denique, ut ex problemate novissime proposito intelligamus, quis color oriri debeat ex radiis istis (sive coloribus ipsorum) ea proportione inter se commixtis. Cæterum in hoc omni argumento, cum colores dico, eos semper intelligi colores velim, qui ex lumine revera oriantur. Sunt enim qui aliis ex causis ortum suum habeant: ut quum imaginationis viribus colores in somniis nobis objectos videmus; aut insanus ea, quæ non sunt, videtur sibi videre; aut percusso oculo, ignem quis sibi elisum videt; aut comprimendo oculorum angulum alterum, dum acies alio convertatur, colores videmus plumæ pavoniæ lunulam referentes. Ubi hæ aut harum similes causæ non interveniunt, color omnis semper respondet generi aut generibus radiorum, ex quibus lumen compositum sit; quomodo ego quidem experiundo semper comperi, in omnibus illis colorum phænomenis, in quæ adhuc inquirere potuerim. In sequentibus propositionibus exempla rei hujusce dabo, ad phænomena notatu dignissima explicanda.

PROPOSITIO VIII. PROBLEMA III.

Ex proprietatibus luminis supra expositis explicare colorum prismatibus exhibitorum rationem.

SIT ABC (*Fig.* 12. *Tab. III.*) prisma, quo refringatur lumen Solis transmissum in cubiculum tenebricosum per foramen Fϕ; quod foramen pari fere sit latitudine, ac ipsum prisma: sitque MN charta alba, qua lumen refractum ita excipiatur, ut radii maxime refrangibiles, sive violacei extremi, incidant puta in spatium Pπ; radii minime refrangibiles, sive rubri extremi, in spatium Tτ; radii

Digitized by Google

inter indicos & cæruleos medii, in spatium Qχ; radii viridium medii, in spatium Rρ; radii inter flavos atque aureos medii, in spatium Sσ; & reliqua radiorum intermediorum genera, in spatia comparate intermedia. Etenim hoc modo spatia, in quæ diversa radiorum genera adæquate incidant, erunt, propter diversam generum illorum refrangibilitatem, ordine continuo gradatim deorsum versus disposita. Jam si charta ista MN adeo prope a prismate distet, ut spatia PT & $\pi\tau$ in se mutuo non incurrant; intervallum ipsorum Tπ illuminatum erit omnibus radiorum generibus ea ad se invicem proportione, qua e prismate primum egrediuntur; & consequenter id spatium album erit. At spatia PT & $\pi\tau$, ab utraque parte istius Tπ, non erunt universis radiorum generibus illuminata; ideoque illa videbuntur colorata. Speciatim, in loco P, quo radii violacei extremi incidunt soli, color debebit esse violaceus saturatissimus: in loco Q, ubi radii violacei atque indici sunt commixti, color debebit esse violaceus multum accedens ad indicum: in loco R, ubi radii violacei, indici, cærulei, & pars viridium dimidia, sunt commixti; color (ex constructione problematis secundi) compositus debebit esse inter indicum & cæruleum medius: in loco S, ubi radii universi, exceptis rubris atque aureis, commixti sunt; color (secundum eandem regulam) compositus debebit esse cyaneus sive thalassinus, ad viridem magis quam ad indicum accedens: denique in spatio quod est ab S ad T, color iste cyaneus, magis magisque dilutus evanidusque factus; ad T demum, ubi colores universi commisceri incipiunt, desinet in ipsam albitudinem.

Similiter, ex altera parte spatii illius albi Tπ: in loco τ, quo radii minime refrangibiles, sive rubri extremi, incidunt soli; color debebit esse ruber saturatissimus: in loco σ, ex rubro atque aureo commixtis color compositus esse debebit ruber aurescens: in loco ρ ex rubro, aureo, flavo, & parte dimidia viridis, inter se permixtis, color compositus esse debebit inter aureum & flavum medius: in loco χ, ex mixtura omnium colorum, exceptis violaceo & indico; compositus esse debebit color subflavus, ad viridem magis quam ad aureum descendens: denique in eo spatio quod est a χ ad π, color iste subflavus, magis magisque languidus evanidusque factus; ad π demum, ubi radii omnium generum admisceri incipiunt, in ipsam albitudinem desinet.

Atque hi quidem colores ita apparere deberent, si Solis lumen plane album esset. Verum quia id lumen ad colorem subflavum accedit; utique radiorum flavorum nimii, qui id colore subflavo inficiunt, commixti porro cum cyaneo evanido qui est inter S & T, efficient ut is colorem subviridem trahat. Jam igitur colores ordine a P ad τ dispositi, debebunt esse violaceus, indicus, cæruleus, subviridis languidus, albus, subflavus, aureus, ruber. Ita quidem ex computatione res se habet: & cuicunque colores prismate exhibitos libuerit oculis intueri, is reapse hunc esse verum colorum ordinem experiundo comperiet.

Hi sunt colores ex utraque parte albi, quum charta inter prisma & punctum X, ubi colores coeunt & albus interpositus evanescit, collocata sit. Nam si charta longius adhuc a prismate distet; jam radiorum maxime minimeque refrangibiles in medio lumine deerunt; & radii reliqui eodem loci inter se permixti colorem viridem saturiorem quam antea conficient: similiter flavus & cæruleus minus jam compositi, quam antea, erunt facti; & consequenter magis saturi. Atque hæc quoque conveniunt cum experientia.

Quod siquis album aliquod corpus nigrore vel tenebris circundatum per prisma inspiciat; utique colorum, quibus id corpus fimbriatum videbitur, ratio eadem erit fere, ac jam diximus; quomodo rem paulo attentius consideranti facile apparebit. E contrario, si aliquod nigrum corpus circundatum sit albo; jam colores, qui id per prisma inspicienti se exhibebunt, attribuendi erunt lumini corporis albi, se in nigri partes diffundenti; quamobrem & contrario ordine dispositi apparent, ac cum album corpus circundatum sit nigro. Hocque idem de iis corporibus per prisma inspectis intelligendum est, quibus partium suarum aliæ aliis minus sint luminosæ. Etenim in confinibus partium magis minusque luminosarum, colores eisdem de causis sem-

ſemper oriri debebunt ex majori lumine partium luminoſiorum; & eodem eſſe genere & ordine, ac ſi partes obſcuriores eſſent nigræ; ſed tamen magis languidi eſſe, & diluti.

Porro, quod de coloribus, quos priſmata exhibeant, dictum eſt; idem facile de coloribus, quos teleſcopiorum microſcopiorumve vitra, vel etiam oculi ipſius humores exhibeant, intelligi poterit. Etenim ſi vitrum objectivum teleſcopii craſſius ſit ab una parte quam ab altera; vel ſi dimidia pars vitri, vel dimidia pars pupillæ oculi, corpore aliquo opaco obtegatur: utique id vitrum objectivum, vel ea ipſius pars, oculive pupillæ pars, quæ non ſit obtecta, conſiderari poterit ut cuneus lateribus curvis. Omnis autem cuneus e vitro, vel ex alia ulla materia pellucida, eundem, ac priſma, in refringendo lumine inter tranſmittendum, effectum obtinet.

Denique colores in experimentis nono & decimo primæ Partis hujus Libri, quemadmodum e diverſa luminis reflexibilitate oriantur; ex iis, quæ ibi dicta ſunt, ſatis quidem eſt manifeſtum. Verum notatu dignum eſt in nono experimento, tamdiu dum directum Solis lumen eſt ſubflavum, nimiam radiorum cæruleorum in reflexo luminis radio M N (*Fig. 21. Tab. IV. Par. I.*) admixtam portionem, ad id duntaxat valere, ut color iſte ſubflavus in albidum ſubcæruleum convertatur, non autem ut is colorem plane cæruleum induat. Quo igitur is colorem cæruleum meliorem traheret; uſus ſum, loco ſubflavi luminis ſolaris, lumine albo nubium; variato nonnihil, quomodo infra ſequitur, illo experimento.

EXPERIMENTUM XVI.

Sit H F G (*Fig. 13. Tab. IV.*) priſma in aperto aere collocatum; & S oculus ſpectatoris, inſpicientis nubes per lumen ipſarum, quod ingrediatur in priſma per faciem planam F I G K, in eoque reflectatur a baſi H E I G, indeque per faciem planam H E F K egrediatur ad oculum. Quum priſma & oculus convenienter locati ſint, ut anguli incidentiæ & reflexionis ad baſin ſint circiter quadragenum graduum, ſpectator videbit arcum cæruleum M N, ab uno uſque baſis extremo ad alterum pertingentem: cujus quidem arcus pars concava ipſi obverſa videbitur; & baſis pars I M N G, quæ erit ultra iſtum arcum, luminoſior videbitur, quam ejuſdem pars citerior E M N H. Profecto arcus iſte cæruleus, quum manifeſto nulla alia ex cauſa oriatur, quam e reflexione ſuperficiei ſpecularis; adeo mirum videtur ac ſingulare phænomenon, & cujus adeo nulla ratio ex vulgaribus philoſophorum hypotheſibus afferri poſſit; ut non potuerim, quin id notatu & explicatu digniſſimum exiſtimarem. Jam igitur ut hujus rei cauſam ac rationem intelligamus; finge priſmatis latera plana & baſin, planitie A B C ad perpendiculum interſectas. Ab oculo ad lineam B C, qua planities iſta baſin priſmatis interſecat, ducantur lineæ S *p* & S *t*, ita ut fiant angulus S *p* C graduum $50\frac{1}{9}$, & angulus S *t* C graduum $49\frac{1}{28}$ eritque jam punctum *p* terminus ultra quem nulli radiorum maxime refrangibilium tranſmitti per baſin priſmatis & refringi poſſint; eorum ſcilicet quorum incidentia talis ſit, ut ad oculum reflecti queant. Similiter, punctum *t* erit terminus ultra quem nulli radiorum minime refrangibilium tranſmitti queant per baſin; quorum utique incidentia talis ſit, ut ad oculum reflecti poſſint: & punctum *r*, in medio inter *p* & *t*, erit ſimiliter terminus tranſmiſſionis radiorum mediocriter refrangibilium. Quamobrem omnes radii minime refrangibiles, incidentes in baſin ultra *t*, hoc eſt, inter *t* & B, qui quidem inde ad oculum reflecti queant; reflectentur utique ad oculum: at citra iſtud *t*, hoc eſt, inter *t* & C, multi iſtorum radiorum tranſmittentur per baſin. Similiter omnes radii maxime refrangibiles, incidentes in baſin ultra *p*, hoc eſt, inter *p* & B, qui quidem inde ad oculum reflecti queant; reflectentur utique ad oculum: at citra iſtud *p*, hoc eſt inter *p* & C, multi iſtorum radiorum tranſmittentur per baſin & refringentur. Idemque ſimiliter intelligendum eſt de radiis mediocriter refrangibilibus, ex utraque parte

pun-

Digitized by Google

puncti *r*. Ex quo efficitur, basis prismatis partem eam, quæ inter *t* & B interjaceat, totali radiorum omnium generum reflexione ad oculum, albam atque claram videri debere: e contrario autem, quæ ejus pars inter *p* & C interjaceat, eam, ex transmissu multorum omne genus radiorum, magis pallidam, obscuram, tenebrosamque videri oportere: at in *r*, omnique in parte inter *p* & *t*, ubi omnes radii maxime refrangibiles reflectuntur ad oculum, multi autem minime refrangibilium transmittuntur; nimiam radiorum maxime refrangibilium admixtam lumini reflexo portionem, inficere debere id lumen suo colore, hoc est, violaceo & cæruleo. Hocque idem evenit, quacunque in parte basis, inter extrema H G & E I, capiatur linea C *p r t* B.

PROPOSITIO IX. PROBLEMA IV.

Ex proprietatibus luminis supra expositis, explicare arcus cœlestis colorum rationem.

HIc arcus nunquam videtur, nisi cadente pluvia, & simul fulgente Sole. Repræsentari autem potest etiam arte, jaciendo aquam in sublime, quæ in guttulas dispersa, in modum pluviæ, decidat. Etenim Solis radii in hujusmodi guttulas incidentes, semper arcum exhibent spectatori apta positione inter Solem & pluviam collocato. Unde hodie convenit inter omnes, arcum istum refractione luminis solaris in guttulis pluviæ cadentis effici. Intellexerunt hoc etiam antiquorum nonnulli: inter recentiores autem plenius id invenit uberiusque explicavit celeberrimus *Antonius de Dominis* Archiepiscopus *Spalatensis*, in libro suo *de radiis visus & lucis*, quem ante annos amplius viginti scriptum, in lucem tandem edidit amicus suus *Bartolus*, *Venetiis* anno 1611. In eo enim libro ostendit vir celeberrimus, quemadmodum arcus interior, binis refractionibus radiorum Solis, singulisque reflexionibus inter binas istas refractiones intervenientibus, in rotundis pluviæ guttis effingatur; exterior autem arcus, binis refractionibus, binisque itidem reflexionibus interjectis, in similibus aquæ guttis efficiatur. Suamque is explicandi rationem experimentis comprobavit, in phiala aquæ plena, & globis vitreis aquæ plenis, in Sole collocatis; quo duorum arcuum istorum colores, in illis se exhiberent contemplandos. Porro, eandem explicandi rationem persecutus est *Cartesius* in meteoris suis; eamque quæ est de arcu exteriori, insuper emendavit. Verum cum hi scriptores veram colorum originem non intelligerent; necesse erit hanc materiam paulo adhuc ulterius prosequi. Ut clarius igitur intelligamus, quemadmodum arcus cœlestis efficiatur; esto globus B N F G, (*Fig.* 14. *Tab. IV.*) centro C & semidiametro C N descriptus, pluviæ gutta, vel aliud quodvis corpus perlucidum globosum. Sit porro A N unus ex radiis Solis, incidens in globum istum ad N, indeque refractus ad F; ubi vel exeat e globo refractus ad V, vel reflectatur ad G; ibique iterum vel exeat refractus ad R, vel reflectatur ad H: ubi tandem exeat refractus ad S, radiumque incidentem secet in transversum in Y. Produc jam A N, & R G, donec coeant in X; & super A X, & N F, demitte perpendiculares C D, & C E; & produc C D, donec incidat in circumferentiam ad L. Denique, parallelam radio incidenti A N duc diametrum B Q; sitque sinus incidentiæ ex aere in aquam, ad sinum refractionis, ut I ad R. Jam si fingas, punctum incidentiæ N moveri & ferri gradatim a puncto B ad usque punctum L; arcus Q F augebitur primo, & deinde minuetur; & similiter angulus A X R, quem continent radii A N, & G R: isteque arcus Q F, & angulus A X R maximi tum erunt facti, cum N D sit ad C N, ut $\sqrt{II - RR}$ ad $\sqrt{3 RR}$; quo in casu N E erit ad N D, ut 2 R ad I. Præterea angulus A Y S, qui continetur radiis A N & H S, minuetur primo, & deinde augebitur: minimus autem tum erit factus, cum N D sit ad C N, ut $\sqrt{II - RR}$ ad $\sqrt{8 RR}$; quo in casu N E erit ad N D, ut 3 R ad I. Similiter angulus quem radius proximus emergens, (hoc est, radius post tres refle-

Digitized by Google

flexiones emergens,) continet cum radio incidente A N, veniet tum ad terminum suum, cum N D sit ad C N, ut $\surd\overline{11-RR}$ ad $\surd$ 15 R R; quo in casu N E erit ad N D, ut 4 R ad I. Porro, angulus quem radius adhæc proximus emergens (hoc est, radius post quatuor reflexiones emergens,)continet cum radio incidente A N, veniet tum ad terminum suum, cum N D sit ad C N, ut $\surd\overline{11-RR}$ ad $\surd$ 24 R R; quo in casu N E erit ad N D, ut 5 R ad I. Et similiter in infinitum: numeris nimirum 3, 8, 15, 24, &c. collectis continua additione terminorum arithmeticæ progressionis, 3, 5, 7, 9, *&c.* Quorum quidem omnium veritatem facile expendent intelligentque mathematici.

Jam observandum est; sicuti quum Sol ad tropicorum alterutrum accedat, dierum longitudo per aliquod temporis spatium parvis admodum portionibus augetur vel minuitur; ita hosce angulos, quum (augendo distantiam C D) ad terminos suos perveniunt, quantitatem suam aliquandiu variare parva admodum portione; ideoque radiorum in omnia puncta N quadrantis B L incidentium, multò majorem numeram emergere debere prope terminos horum angulorum, quam in aliis ullis inclinationibus. Observandum est præterea, futurum ut radii, qui refrangibilitate inter se differunt, diversos habeant terminos angulorum suorum emersionis; & consequenter, pro diversis refrangibilitatis gradibus, emersio ipsorum copiosissima in diversis angulis fiat; adeoque ipsi a se invicem separati, suum singuli colorem proprium exhibeant. Isti autem anguli qui sint, ex præcedenti theoremate facili computatione colligi poterit.

Etenim in radiis minime refrangibilibus, sinus I & R (quomodo supra comperimus) sunt 108 & 81: unde, posito calculo, angulus maximus A X R invenietur graduum 42, 2′; & angulus minimus A Y S, graduum 50, 57′. In radiis autem maxime refrangibilibus, sinus I & R sunt 109 & 81: unde, posito calculo, angulus maximus A X R invenietur graduum 40, 17′; & angulus minimus A Y S, graduum 54, 7′.

Finge jam O esse oculum spectatoris, & O P (*Fig.* 15. *Tab. IV.*) lineam parallelam radiis Solis; sintque P O E, P O F, P O G, P O H, anguli graduum 40, 17′; 42, 2′; 50, 57′; & 54, 7′, respective: Jamque hi anguli circum latus suum commune O P circumacti, describent reliquis suis lateribus O E, O F; O G, O H, margines duorum arcuum A F B E & C H D G. Etenim si E, F, G, H, sint guttæ collocatæ ubivis in superficiebus conicis descriptis a lineis O E, O F, O G, O H; & illuminatæ radiis Solis S E, S F, S G, S H: utique angulus S E O, cum sit æqualis angulo P O E, sive graduum 40, 17′; erit maximus angulus, in quo radii maxime refrangibiles possint post unam reflexionem refringi ad oculum; & proinde guttæ omnes in linea O E emittent ad oculum radios maxime refrangibiles copiosissime; eoque pacto sensui colorem violaceum saturatissimum illo in loco exhibebunt. Simili ratione, angulus S F O, cum sit æqualis angulo P O F, sive graduum 42, 2′; erit utique maximus, in quo radii minime refrangibiles possint post unam reflexionem emergere e guttis; & proinde guttæ in linea O F emittent ad oculum radios istos copiosissime, eoque pacto sensui colorem rubrum saturatissimum illo in loco exhibebunt. Porro, eadem argumentandi ratione, radii qui sint intermediis refrangibilitatis gradibus, emittentur copiosissime e guttis inter E & F; & sensui exhibebunt colores intermedios eo ordine, qui refrangibilitatis ipsorum gradibus respondeat; hoc est, in progressu ab E ad F, sive ab interiori parte arcus ad exteriorem, colores hosce ordine exhibebunt, violaceum, indicum, cæruleum, viridem, flavum, aureum, rubrum. Verum enimvero color violaceus, propter admixtum lumen album nubium, evanidus videbitur & ad purpureum accedens.

Rursum, angulus S G O, cum sit æqualis angulo P O G, sive graduum 50, 57′; erit utique minimus angulus, in quo radii minime refrangibiles possint post binas reflexiones emergere e guttis; quare guttæ in linea O G emittent ad oculum radios minime refrangibiles copiosissime; eoque pacto sensui colorem rubrum saturatissimum illo in loco exhibebunt. Similiter angulus S O H, cum sit æqualis angulo P O H, sive

Digitized by Google

five graduum 54, 7′; erit utique minimus angulus, in quo radii maxime refrangibiles possint post binas reflexiones emergere e guttis; quare guttæ in linea O H emittent ad oculum radios istos copiosissime; eoque pacto sensui colorem violaceum saturatissimum illo in loco exhibebunt. Eademque argumentandi ratione, guttæ in mediis partibus inter G & H, sensui exhibebunt colores intermedios eo ordine, qui refrangibilitatis suæ gradibus respondeat; hoc est, in progressu a G ad H, sive ab interiori parte arcus ad exteriorem, colores hosce ordine exhibebunt, rubrum, aureum, flavum, viridem, cæruleum, indicum, violaceum. Denique, cum hæ quatuor lineæ O E, O F, O G, O H, qualibet in parte superficierum conicarum supra memoratarum sitæ esse possint; utique quod de guttis & coloribus in istis lineis dictum est, id de guttis & coloribus in omni parte istarum superficierum similiter dictum intelligi oportet.

Atque hoc pacto effecti erunt duo arcus colorati; interior ac clarior, una reflexione intra guttas facta; & exterior ac dilutior, binis reflexionibus: etenim lumen unaquaque reflexione fit languidius perpetuo. Porro arcuum istorum colores contrario erunt ordine dispositi inter se: color enim ruber utriusque arcus, continens erit utrinque spatio G F inter duos arcus interjacenti. Arcus interioris latitudo E O F, in transversum coloribus dimensa, erit gradus 1, 45′; exterioris latitudo G O H, 3, 10′; arcuumque inter se distantia G O F, 8, 55′; maxima nimirum semidiametro interioris, hoc est, angulo P O F, existente 42, 2′; & minima semidiametro exterioris P O G, 50, 57. Hæ sunt mensuræ arcuum, ita utique futuræ, si Sol esset unum duntaxat punctum. At enim Solis globi latitudine latitudo arcuum augebitur, eorumque distantia inter se minuetur, dimidio gradu. Jamque latitudo arcus interioris erit 2, 15′; latitudo exterioris, 3, 40′; distantia ipsorum inter se, 8, 25′; maxima semidiameter arcus interioris, 42, 17′; & minima exterioris, 50, 42′. Atque hæ quidem revera arcuum in cœlo reperiuntur mensuræ quam proxime, quando colores ipsorum clari atque perfecti videntur. Quondam enim, qua tum accideret ut potuerim ratione, dimensus sum maximam semidiametrum arcus interioris, eamque comperi graduum circiter 42; eodemque tempore latitudinem colorum rubri, flavi, & viridis, in eodem arcu, comperi esse minutorum 63 vel 64; præter extremum colorem rubrum evanidum, claritate nubium circumjacentium obscuratum, in quem tria vel quatuor minuta amplius annumerari poterunt. Latitudo coloris cærulei erat circiter 40 minutorum amplius; præter violaceum, qui claritate nubium circumjectarum ita erat obscuratus, ut ejus latitudinem dimetiri non potuerim. Verum posito quod latitudo cærulei simul & violacei, æqualis sit latitudini rubri, flavi, & viridis simul itidem sumptorum; erit jam tota hujus arcus latitudo, graduum $2\frac{1}{4}$, ut supra. Minimum intervallum, quo arcus interior exteriorque inter se distarent, erat circiter graduum 8, 30′. Exterior arcus latior erat, quam interior; verum adeo evanidus, præsertim a cærulea sui parte, ut latitudinem ejus distincte dimetiri haud potuerim. Alio tempore, cum ambo arcus distinctiores apparerent, dimensus sum latitudinem arcus interioris, graduum 2, 10′: eratque latitudo colorum rubri, flavi, & viridis, in exteriori arcu, ad latitudinem eorundem colorum in interiori; ut 3 ad 2.

Hæc arcus cœlestis phænomena explicandi ratio confirmatur adhuc amplius experimento illo notissimo, quod *Antonius de Dominis* & *Cartesius* excogitarunt. Suspensus nempe in Sole globus vitreus aquæ plenus, inspiciendus est tali in positu, ut radii a globo ad oculum pervenientes, contineant cum Solis radiis angulum vel 42 vel 50 graduum. Etenim quum iste angulus erit factus graduum 42 vel 43, spectator (puta ad O) videbit colorem rubrum clarum in ea parte globi, quæ erit a Sole aversa; quomodo repræsentatur ad F: sique iste angulus paulo minor factus fuerit (puta deprimendo globum ad E,) videbuntur continuo alii colores, flavus, viridis, & cæruleus ex ordine, in eadem parte globi. Verum quum iste angulus erit factus graduum circiter 50, (puta attollendo globum ad G,) videbitur tum color ruber in ea parte globi, quæ erit Soli obversa; sique angulus iste adhuc major factus fue-

fuerit (puta attollendo globum ad H ,) color ille ruber convertet se in alios colores, flavum, viridem, & cæruleum ex ordine. Porro rem eandem expertus sum, intuendo globum immotum, attollendo autem interea vel deprimendo oculum, vel aliter eum movendo, prout opus erat facto; donec angulus ante dictus, justa magnitudine esset constitutus.

Audivi narratum, lumen candelæ refractum prismate ad oculum, ita se habere, ut cum color cæruleus incidat in oculum, spectator videat tum in prismate rubrum; cumque ruber incidat in oculum, tum is cæruleum videat. Quod quidem si verum esset; utique colores in globo antedicto, & in arcu cœlesti, ordine contrario, quam experimur, apparere deberent. Verum errorem hunc inde ortum puto, quod, cum colores luminis candelæ valde sint languidi, difficile sit discernere quinam colores in oculum incidant. Etenim ipse observavi sæpe e contrario, in Solis lumine a prismate refracto, spectatorem semper eum colorem in prismate videre, qui incidat in oculum. Idemque etiam in lumine candelæ verum esse comperi. Cum enim prisma lente moveatur e linea, quæ directo a candela ad oculum ducta sit; color ruber primum videtur in prismate, deinde cæruleus; ac proinde uterque tum videtur, cum incidat in oculum: nam color ruber primo super oculum transit, deinde cæruleus.

Lumen quod binis refractionibus sine ulla reflexione per guttas pluviæ transmittitur, fortissimum videri debet intervallo circiter 26 graduum a Sole, & languescere gradatim utroque, prout intervallum istud vel augeatur vel minuatur. Idemque dictum intelligi debet, de lumine per grandinem globosam transmisso. Quod si grando, quomodo sæpe evenit, compressa sit aliquantum atque planior facta; utique lumen transmissum adeo forte evadere poterit intervallo paulo minus 26 graduum, ut circum Solem aut Lunam Halo sive coronam effingat: Quæ porro Halos, quoties grando apta sit figura, colorata esse poterit: tumque intra rubra erit facta, radiis minime refrangibilibus; & cærulea extra, radiis maxime refrangibilibus; præsertim si grandinis particulæ habeant forte in centris suis opacos nivis globulos, qui lumen intra Halo intercipientes, (quomodo *Hugenius* observavit,) efficere possint ut interior ipsius pars distinctius, quam alioqui futurum esset, definita sit. Etenim hujusmodi grandinis particulæ, quamvis globosæ, tamen terminando lumen inclusa sua nive, exhibere poterunt Halo rubram intra, & coloris expertem extra; atque etiam obscuriorem intra rubram sui partem, quam extra; uti plerunque fieri solet. Etenim ex radiis qui proxime nivem præterferuntur, rubri refringentur minime; adeoque ad oculum in lineis directissimis pervenient.

Lumen, quod e pluviæ gutta post duas refractiones & tres pluresve reflexiones egreditur, vix satis forte est ad arcum efficiendum, qui sub sensum cadat. At in glaciei particulis illis cylindraceis, quarum ope *Hugenius* rationem Parheliorum explicat, poterit fortasse sensu percipi.

PROPOSITIO X. PROBLEMA V.

Ex proprietatibus luminis supra expositis, explicare colorum in corporibus naturalibus permanentium rationem.

Isti colores hinc oriuntur, quod a certis corporibus naturalibus certa radiorum genera reflectuntur reliquis omnibus copiosius, & ab aliis alia. Minium reflectit radios minime refrangibiles, sive rubros, copiosissime; atque inde rubrum videtur. Violæ reflectunt radios maxime refrangibiles copiosius; indeque suum habent colorem: & similiter cætera corpora omnia. Omne corpus reflectit radios, qui sunt suo ipsius colore, copiosius quam reliquos; & colorem suum inde trahit, quod radii isti in reflexo lumine prævaleant ac dominentur.

Digitized by Google

EXPERIMENTUM XVII.

Etenim si in luminibus homogeneis, qualia per problema in quarta propositione primæ Partis hujus Libri expositum obtineri poterunt, collocentur corpora diversorum colorum; invenies, sicuti ipse expertus sum, omne corpus in eo semper lumine, quod sit suo ipsius colore, clarissimum & luminosissimum videri. Cinnabaris in lumine rubro homogeneo, maxime resplendet; in lumine viridi, manifesto fit minus splendens; in cæruleo, etiam adhuc minus. Indicum in lumine violaceo-cæruleo, fulgentissimum est; fulgor autem iste, prout id inde pedetentim per lumen viride & flavum transvehatur ad rubrum, minuit se gradatim. Porrum lucem viridem prasinam præcipue, deinde autem cæruleam quoque & flavam, ex quibus viridis componitur, fortius reflectit quam colores reliquos rubrum & violaceum. Et similiter cætera corpora omnia. Verum quo hujusmodi experimenta evidentiora fiant, talia corpora oportebit adhiberi, quæ sint coloribus clarissimis & plenissimis. Atque etiam bina hujusmodi corpora inter se comparari oportebit. Exempli gratia; si cinnabaris & cæruleum cyprium sive ultramarinum, vel alius quivis color cæruleus floridus & largus, in lumine rubro homogeneo simul conferantur; utique utrumque videbitur rubrum; at cinnabaris quidem colore rubro videbitur claro, largo & splendentissimo; cæruleum cyprium autem, rubro quidem saturo, sed obscuro tamen & tenebricoso. Sin hæc eadem corpora deinceps in lumine cæruleo homogeneo simul conferantur; utique utrumque videbitur jam cæruleum; at cęruleum cyprium quidem colore cęruleo videbitur claro, largo & splendentissimo; cinnabaris autem, cęruleo quidem saturo, sed obscuro tamen & tenebris offuso. Quo quidem experimento clarissime, sine omni dubitatione, evincitur, lumen rubrum multo copiosius a cinnabari reflecti, quam a cęruleo cyprio; & lumen cęruleum multo copiosius a cęruleo cyprio, quam a cinnabari. Idem autem experimentum non sine optato eventu capi poterit etiam in minio & indico, vel binis aliis quibusvis corporibus coloratis; si modo illud, quam non ex æquo forte vel languidum sit utriusque naturale lumen atque color, rationis habeatur.

Porro autem, ut corporum naturalium colorum ratio ex hisce experimentis evidens est atque manifesta; ita uberius insuper confirmatur, (adeo ut res nullam amplius dubitationem habeat,) ex duobus primis experimentis primæ Partis hujus Libri; quibus quidem experimentis probavimus in istiusmodi corporibus, lumina reflexa quæ coloribus inter se differunt, ea itidem refrangibilitatis gradibus differre inter se. Etenim inde manifestum est, alia corpora radios magis refrangibiles, alia minus refrangibiles, reflectere copiosius.

Atque hanc quidem esse non veram solummodo, sed & solam quoque horum colorum rationem, adhuc amplius inde apparere poterit, quod color luminis homogenei non possit corporum naturalium reflexione ullo modo immutari.

Etenim si corpora naturalia nequeunt reflexione sua colorem ullius generis radiorum ne quidem quicquam omnino immutare; utique ea corpora non possunt ulla alia de causa apparere colorata, quam quia radios illos reflectant, qui vel natura eo sint colore quem ipsa exhibent, vel qui aliqua sui permixtione eum conficere debeant.

Verum in hujusmodi experimentis capiendis, cavendum est diligenter, ne lumen non sit satis perfecte homogeneum. Si enim corpora illuminaveris coloribus vulgaribus prismate exhibitis; videbuntur ea jam neque suo ipsorum colore, qualem interdiu & in aprico exhibent; neque colore qui est luminis jam sibi immissi; sed colorem aliquem referent inter utrumque medium; uti ipse experiundo comperi. Exempli gratia; minium lumine viridi ordinario prismatibus exhibito illuminatum, neque rubrum videbitur neque viride; sed aureum aut flavum, vel coloris alicujus inter flavum & viridem medii, pro eo ut viride lumen, quo id illuminatum sit, magis fuerit minusve compositum. Etenim ex una parte; quoniam minium, quum illu-

lu-

Digitized by Google

luminatum sit lumine albo, in quo omnia radiorum genera ex æquo commixta sunt, rubrum videtur; in viridi autem lumine omnia radiorum genera non sunt ex æquo commixta; utique radii flavi, virides, & cerulei, qui in illo viridi lumine jam in minium incidente insunt nimia portione, efficere debebunt ut iidem radii in reflexo etiam lumine adeo prævaleant, ut id, cum rubrum esse deberet, jam colorem ipsorum subviridem trahat. Ex altera autem parte; quoniam minium radios rubros reliquis omnibus copiosius, pro ratione numeri ipsorum in lumine incidente, reflectit; & deinceps aureos atque flavos; utique isti radii in lumine reflexo majorem jam proportionem ad totum illud lumen habebunt; quam habuerant ad lumen viride incidens; ac proinde efficient ut lumen illud reflexum, cum viride esse deberet, jam colorem ipsorum subrubrum trahat. Atque hoc quidem pacto minium neque rubrum videbitur, neque viride; sed colore aliquo inter utrumque medio.

In liquoribus ita coloratis, ut tamen sint pellucidi, observandum est colorem una cum crassitudine ipsorum variari solere. Exempli gratia; liquor ruber in vitro conico inter lucem & oculum collocatus, prope a fundo, ubi tenuior est, colore flavo videtur pallido ac diluto; paulo superius autem, ubi crassior est, colorem aureum induit; qua parte adhuc crassior est, rubrum; qua denique crassissimus est, colorem rubrum saturum atque pressum. Etenim existimandum est, istiusmodi liquorem intercipere radios indicos & violaceos facillime; cæruleos, difficilius; virides, adhuc difficilius; rubros, omnium difficillime: Quod si igitur crassitudo liquoris ea sit duntaxat, qua radiorum violaceorum indicorumque satis multi intercipiantur, nec tamen de reliquorum numero multum diminuatur: tum utique ex reliquis istis (per prop. 6. hujus Partis) colorem componi debere pallidum flavescentem: Verum si liquoris crassitudo tanta sit facta, ut cæruleorum quoque radiorum plurimos intercipiat, etiam & viridium nonnullos; tum utique ex reliquis colorem componi debere aureum: Cumque porro liquor iste eo crassitudinis excreverit, ut etiam maximam partem radiorum viridium intercipiat, flavorum quoque aliquammultos; tum utique ex reliquis oriri oportere colorem rubescentem: Qui denique color ruber, pro eo ut radii flavi atque aurei (augendo adhuc liquorem in crassitudinem) magis magisque intercipiantur, largior perpetuo saturatiorque fieri debeat; donec pauci admodum radiorum, præter rubros solos, demum transmitti possint.

Atque hujus quidem generis est experimentum, quod mihi nuper retulit D. *Halleius*; qui cum, die quodam insolato, in mare se ad ingentem usque aquarum altitudinem in vase ad urinandum comparato submersisset, observavit superiorem partem manus suæ, cui Sol per aquas superiores ad altitudinem multarum orgyiarum incumbentes, perque parvam fenestram vitream in vase infixam, directo tum collucebat, colore roseo sibi visam esse; aquam autem infra se, & inferiorem manus suæ partem, illustratam lumine ab aqua inferiori reflexo, virides esse visas. Etenim hinc colligi potest, aquam marinam reflectere radios violaceos & cæruleos facillime, rubros autem liberrime & copiosissime ad ingentem usque altitudinem transmittere. Nam hoc quidem pacto directum Solis lumen, in ingenti aquarum altitudine, propter radios rubros numero prævalentes, rubrum videri oportebit; & quo major fuerit aquarum altitudo, eo largior ac saturior color iste ruber esse debebit. Reflexi autem inferne radii cærulei, virides, & flavi, copiosius multo quam rubri; etiam in ea aquarum altitudine, quo radii violacei vix penetrant omnino; colorem viridem exhibeant necesse est.

Jam si duo liquores, coloribus largis saturatisque, puta rubro & cæruleo, ea quantitate in crassitudinem, qua colores ipsorum justam saturitatem habeant, inspiciantur; quamvis uterque eorum satis translucidus sit seorsum, tamen ambo non erunt conjunctim translucidi. Si enim per unum horum liquorum radii rubri soli transmittantur, & cærulei soli per alterum; utique per utrumque transmitti poterunt plane nulli. Hoc casu & fortuito expertus est D. *Hookius* in cuneis vitreis, liquoribus rubro & cæruleo plenis; magnamque ei admirationem movit improvisus & inopinatus rei eventus; cujus quippe causa tum prorsus incognita esset: quo equi-

Digitized by Google

dem magis experimento ejus fidem habeo, quamvis ipse id non iteraverim. Verum quicunque hujus rei experimentum iterum capere velit; ei diligentissime illud in primis erit agendum, ut liquores sint coloribus bonis admodum & saturatis.

Existimandum est autem, dum corpora fiunt colorata, reflectendo aut transmittendo hoc vel illud genus radiorum copiosius quam cæteros; utique intercipere ea & restinguere intra se radios illos quos neque reflectunt neque transmittunt. Etenim si aurum in bracteas tenuissimas ductum, collocetur inter oculum & lucem; lux per id cærulea videbitur, vel viridis. Quare aureum solidum intromittit in se radios cæruleos; eosque ultro citroque reflexos aliquandiu intra se, intercipit tandem atque restinguit penitus; dum radios flavos reflectit extra, ipsumque adeo videtur flavum. Quo autem modo bracteæ aureæ, flavæ videntur lumine reflexo, & cæruleæ transmisso; aurum autem solidum, omni ex parte, omnique in positu oculi, ex æquo flavum: eodem fere modo certi sunt liquores, ut ligni nephritici infusio; & certa etiam vitri genera; quæ unum genus luminis transmittunt copiosius, aliud autem genus reflectunt; eoque pacto coloribus variis, pro vario oculi atque luminis positu, videntur. Quod si liquores vel vitra ista, adeo crassa ac solida essent facta, ut nullum omnino lumen per ea transmitti posset; equidem nihil dubito, (quamvis nondum quidem expertus hoc affirmare queam,) quin ea similiter ac alia omnia corpora opaca, uno eodemque colore in omni oculi positu essent apparitura. Etenim opaca ipsa corpora omnia colorata, cum (quantum ego quidem observare potuerim) lucem transmittere possint, si modo satis tenuia facta sint; utique pellucida sunt quodam modo, & gradu duntaxat pelluciditatis differunt a liquoribus pellucidis coloratis; quippe & hi liquores, æque ac corpora illa, nimia crassitudine evadunt opaci. Porro, corpus pellucidum, quod cujusvis coloris videatur lumine transmisso; poterit etiam ejusdem coloris videri, lumine reflexo; ita videlicet, si lumen istius coloris reflectatur a posteriori corporis superficie, vel ab aere qui est ultra eam. Tumque color iste reflexus diminui poterit, & fortasse evanescere; augendo corpus ipsum in crassitudinem, & induendo id a tergo pice, ad cohibendam superficiei ejus posterioris reflexionem; ut lumen adeo ab ipsis corporis particulis reflexum prævaleat, &, quo colore se inde tinxerit, ostendere possit. Utique tali in casu, crediderim colorem luminis reflexi alium facile futurum, ac transmissi. Verum unde tandem fiat, ut corpora & liquores colorata, reflectant alia genera radiorum, alia autem intromittant vel transmittant; id in sequenti Libro dicetur. In hac propositione satis habebo, illud me ita comprobasse, ut res nullam amplius dubitationem habere possit; ejusmodi proprietates revera in corporibus inesse, eaque inde apparere colorata.

PROPOSITIO XI. PROBLEMA VI.

Permixtis inter se luminibus coloratis, componere radium luminis, qui sit eodem colore eademque natura, ac radius directi luminis Solis; in eoque experiri propositionum præmissarum veritatem.

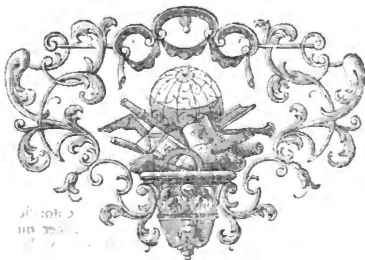
Sit A B C *a b c* (*Fig. 16. Tab. IV.*) prisma, quo Solis radius in cubiculum tenebricosum per foramen F immissus refringatur ad lentem M N; superque ea in locis *p*, *q*, *r*, *s*, & *t*, depingat colores solitos, violaceum, cæruleum, viridem, flavum & rubrum. Radios jam ita divergentes cogat refractio hujus lentis; faciatque ut iterum convergant ad X; ubi permixtione colorum illorum omnium inter se albitudinem, quomodo supra expositum est, conficiant. Tum in X collocetur aliud prisma D E G *d e g* priori parallelum; quo lumen id album refringatur sursum versus ad Y. Sint refringentes prismatum anguli, ipsorumque distantiæ a lente, æquales comparate inter se; ut radii, qui convergebant a lente ad X, quique ibi, absque nova refractione esset, futurum erat ut decussarentur divergerentque iterum; refractione jam secundi prismatis fiant denuo paralleli inter se, nec divergant amplius.

plius. Etenim hoc pacto ex radiis istis compositus erit iterum radius albus X Y. Si angulus refringens utriusvis prismatis major fuerit; id prisma tanto propius a lente distet oportebit. At enim quando demum prismata & lens apte sint inter se disposita, ita intelliges; si observabis utrum radius X Y, qui e secundo prismate egreditur, sit ad usque extrema sui latera perfecte planeque albus; &, interjectis quibuscunque a prismate intervallis, perfecte & ex omni parte albus, haud secus ac directus Solis radius, permaneat necne. Etenim usque eo, donec is ita se habeat, mutanda erit perpetuo & corrigenda prismatum lentisque dispositio inter se. Quum autem hæc omnia apte disposita compereris; si tum deinceps ope trabis longioris, qualis in schemate depicta est, vel tubi, vel alius cujusvis instrumenti in id comparati, prismata & lens eo in situ fixa retineantur; poteris exinde in hoc composito luminis radio X Y earundem omnium rerum experimenta capere, quarum hactenus fecimus in directo Solis lumine. Nam hic compositus radius eandem habet speciem, easdemque omnes omnino proprietates, quantum ego quidem observare potuerim; ac directus Solis luminis radius. Porro autem, inter experimenta in hoc radio agenda, poteris, intercipiendo quoties libuerit quemvis colorum *p*, *q*, *r*, *s*, *t*, ad lentem, videre manifesto quemadmodum colores in hujusmodi experimentis generati, non sint alii, sed iidem plane, qui erant radiorum ad lentem, jam antequam ii ad hunc radium constituendum convenirent; & consequenter colores istos non oriri ex novis luminis modificationibus, refractione scilicet & reflexione ei impressis; sed ex variis duntaxat separationibus ac mixturis radiorum, congenitas utique qualitates suas colorificas habentium.

Exempli gratia: Quum lente uncias $4\frac{1}{4}$ lata, duobusque prismatibus a lente utrinque pedes $6\frac{1}{4}$ distantibus, compositum istiusmodi radium luminis confecissem: ut experirer deinceps quæ esset causa atque ratio colorum prismatibus exhibitorum, refregi compositum istum radium luminis X Y alio prismate H I K *k h*, eoque pacto solitos prismatis colores P Q R S T in chartam L V ultra collocatam projeci; tumque intercipiendo quemvis colorum *p*, *q*, *r*, *s*, *t*, ad lentem, observabam eundem colorem charta L V continuo evanescere. Ita, si color purpureus *p* intercipiebatur ad lentem; utique purpureus P in charta continuo evanescebat: reliqui autem colores permanebant nihil immutati; nisi forte cæruleum excipias, qui eatenus fortasse immutaretur, quatenus aliquid purpurei in eo ad lentem latitans, refractionibus sequentibus postea separari potuerit. Similiter, intercepto ad lentem colore viridi *r*; utique viridis R in charta continuo evanescebat; idemque de cæteris coloribus similiter intelligendum est. Ex quo manifesto apparet; ut radius albus X Y compositus erat ex diversis luminibus ad lentem varie coloratis; ita colores ex eo postea ope novarum refractionum emergentes, non alios esse, quam eos ipsos, ex quibus albitudo illa composita fuerat. Utique refractio prismatis H I K *k h* generat colores P Q R S T in charta L V, non immutando colorificas radiorum qualitates, sed separando radios a se invicem, qui easdem videlicet qualitates colorificas habebant, jam antequam ad refractum luminis albi radium X Y componendum coirent. Etenim alioqui fieri posset ut radii, qui fuerant uno quovis colore ad lentem, alio forte colore essent deinde in charta; contra, quam experientia comperimus.

Similiter, ut experirer quæ esset corporum naturalium colorum causa atque ratio; collocabam istiusmodi corpora in radio illo albo composito X Y, & comperiebam ea omnia suos ipsorum colores proprios exhibere tales, quales interdiu in aprico exhibere solent; eosque porro colores pendere omnino ex radiis, qui essent iisdem coloribus ad lentem, jam antequam ad radium illum componendum coirent. Exempli gatia: Cinnabaris in radio illo albo collocata, eodem plane videtur colore rubro, ac in cœlo aperto posita. Quod si porro intercipiantur ad lentem radii virides & cerulei; utique rubor ipsius jam multo clarior atque largior erit factus. Verum si radios rubros ad lentem intercipias; cinnabaris non jam amplius rubra vide-

debitur, ſed viridis vel flava, vel alio quovis colore, pro eo ut hæc vel illa radiorum genera in eam incidere permittas. Similiter, aurum in lumine illo albo X Y, eodem colore flavo videtur, ac in aprico lumine diurno: verum intercepto ad lentem certo & apto radiorum flavorum numero, æquiparabit id argentum albitudine; quomodo ipſe experiundo comperi: ex quo apparet colorem flavum, quo aurum tum videtur cum nulli intercepti ſint radii, oriri ex radiis illis flavis redundantibus, qui, cum per lentem iterum tranſire permittuntur, albitudinem jam dictam ſuo colore inficiunt. Sic quoque ligni nephritici infuſio, cum in hoc compoſito radio albo X Y collocata ſit, (uti ipſe itidem expertus ſum,) cęrulea videtur reflexo lumine, & flava vel rubra tranſmiſſo; eodem modo ac quum clara diurna luce & in ſole inſpiciatur: verum ſi intercipias lumen cęruleum ad lentem; utique infuſio illa amittet cęruleum ſuum colorem reflexum; dum tranſmiſſus color ruber permanebit nihilo minus perfectus; immo, propter ſublatos radios aliquos cęruleos quibus antea dilutus fuerat, etiam ſaturior is ac largior erit factus. E contrario autem, ſi radii rubri atque aurei intercipiantur ad lentem; jam amittet infuſio colorem ſuum rubrum tranſmiſſum; dum color cęruleus reflexus permanebit uſque, atque etiam largior & perfectior erit factus. Ex quo apparet infuſionem illam, non utique ipſam inficere radios coloribus cęruleo & flavo; ſed tantum tranſmittere copioſius eos, qui erant ante rubri; & reflectere copioſius eos, qui erant ante cęrulei. Atque eodem quidem modo examinari atque probari poterunt aliorum quorumvis phęnomenorum rationes; ſi capiantur experimenta in hoc arte compoſito luminis radio X Y.



OPTI-

OPTICES
LIBER SECUNDUS.
PARS PRIMA.

Observationes circa reflexiones, refractiones & colores corporum tenuium pellucidorum.



OBservatum fuit antehac ab aliis, corpora pellucida, ut vitrum, aquam, aerem & similia, quum inflando tensa sint in pertenues bullulas, vel alio quovis modo in lamellas summæ tenuitatis ducta; varios utique colores, pro varia sua tenuitate, exhibere; quamvis eadem, quum sint crassiora, plane pellucida videantur & coloris expertia. In priori libro sermonem de hujusmodi coloribus consulto abstinui; quoniam & ipsi difficilioris videbantur explicatus; neque intellectu necessaria erat ipsorum ratio, ad proprietatum luminis eo in libro expositarum explicationem comprobandam. Verum cum hi ad nova porro inventa, quibus lucis theoria perfici atque absolvi possit, multum queant conferre; maxime quoad constitutionem ac dispositionem partium, ex quibus corporum naturalium colores vel pelluciditas pendeant; visum est mihi hoc in loco, quæ de hujusmodi coloribus observaverim, paucis exponere. Ut autem brevius atque distinctius absolvam; primo observationum ipsarum præcipuas describam; deinde, quid ex eis colligi videatur, & quis in eis usus esse possit, exponam. Observationes autem meæ hujusmodi fuerunt.

OBSERVATIO I.

Cum bina prismata paulo arctius ad se comprimerem invicem, ut latera ipsorum (quæ erânt forte aliquantulum convexa) se aliqua sui parte inter se contingerent; observabam locum, ubi illa contingerent inter se, plane & perfecte pellucidum illico esse factum; perinde ac si vitrum ibi fuisset unum & continuum. Etenim quum lumen in aerem istum, qui in reliquis omnibus facierum commissarum partibus inter bina prismata interjaceret, adeo oblique incideret, ut id omne reflecteretur; in illa parte, ubi facies eæ se contingebant inter se, videbatur id omne transmitti: adeo ut locus ille contactus, cum inspiceretur, videretur tanquam macula nigra vel tenebrosa; propterea quod ex illo, non uti ex aliis locis, plurimum luminis, sed parum aut nihil, quod quidem sensu percipi posset, reflecteretur: tum autem is transpiceretur, tum videretur tanquam foramen in aere illo, qui vitrorum compressu in tenuem quandam inter binas prismatum facies conformatus esset lamellam: per quod quidem foramen distincte perspici poterant corpora ultra collocata: quæ per alias vitrorum partes, ubi aerea lamella interjecta esset, cerni omnino non poterant. Porro, quamvis prismatum facies essent aliquantum convexæ, tamen macula illa pellucens satis erat lata; quæ utique latitudo oriri præcipue videbatur ex eo, quod vitrorum partes mutuo compressu cederent nonnihil introrsum. Etenim comprimendo prismata arctius inter se, macula illa multo, quam ante latior erat facta.

OBSER-

Digitized by Google

OBSERVATIO II.

Quum lamina illa aerea, convertendo prismata circa axem suum communem, adeo parum tandem ad incidentes radios inclinata esset facta, ut nonnulli eorum transmitti cœperint; oriebantur in ea multi tenues arcus colorati, qui initio formam conchoidis fere exprimebant, quomodo eos in primo schemate depictos videre est. *Tab. I.* Continuando autem prismatum motum, arcus isti augebantur perpetuo & incurvabant sese magis magisque circa antedictam maculam pellucentem, donec tandem in circulos integros sive annulos maculæ isti circumjectos flexi, contraherent sese deinceps gradatim in parvitatem.

Arcus isti, cum apparerent primum, colore erant violaceo & cęruleo; interque eos interjecti erant arcus circulorum albi, qui, continuando prismatum motum, statim tingebantur nonnihil ab interioribus suis marginibus colore rubro & flavo, exterioribus autem marginibus confinem habebant cęruleum. Adeo ut colores ab usque macula in centro tenebrosa, hoc ordine tum essent dispositi: albus, cęruleus, violaceus; niger; ruber, aureus, flavus, albus, cęruleus, violaceus; &c. Verum flavus & ruber multo erant languidiores, quam cęruleus & violaceus.

Continuato adhuc prismatum motu circa axem suum communem, colores isti coarctabant se magis magisque, & contrahebant sese utroque in albitudinem circumjectam, donec tandem in eam penitus evanescerent. Tumque circuli in istis locis albi nigrique videbantur, sine ullis aliis coloribus intermixtis. Verum continuando adhuc amplius prismatum motum, colores iterum se ex albitudine explicabant; violaceus videlicet ac cęruleus ab interiori ipsius margine, ab exteriori autem ruber ac flavus. Adeo ut colores ab usque macula centrali, hoc ordine jam essent dispositi: albus, flavus, ruber; niger; violaceus, cæruleus, albus, flavus, ruber; &c. Contra quam prius erant visi.

OBSERVATIO III.

Cum annuli, vel aliquæ ipsorum partes, albi solummodo & nigri apparerent; videbantur valde distincti, & distinctis terminis definiti; eorumque nigror non minus intensus videbatur, quam ipsius maculæ centralis. Item in marginibus annulorum, ubi colores ex albitudine emergere cœperunt, satis erant distincti, eoque ad ingentem usque multitudinem sub aspectum veniebant. Numeravi nonnunquam amplius triginta series sive ordines, (computando in singulas series annulum album & nigrum;) atque etiam plures vidi, quos, quæ erat ipsorum parvitas, numerare non potuerim. Verum in aliis prismatum positionibus, ubi videlicet annuli variis coloribus tincti viderentur; haud amplius octo aut novem discernere potui; atque etiam illorum ipsorum exteriores valde confusi videbantur atque diluti.

In hisce duabus observationibus, quo annuli distincti viderentur, colorumque omnium, pręterquam albi & nigri, expertes; eos interjecto aliquo intervallo inspici oportere adverti. Etenim si oculum propius admovebam; tametsi inclinationem ejus ad planitiem annulorum nihil omnino immutaveram; emergebat tamen continuo ex albitudine color subcæruleus, qui sese in annulorum nigros magis magisque explicans, effecit ut & circuli ipsi minus distincti evaderent, & albitudo etiam coloribus rubro & flavo nonnihil tincta esset. Præterea comperiebam, inspiciendo per rimulam sive fissuram oblongam, quæ & oculi pupilla angustior esset, & proxime oculum prismatibus parallela teneretur; posse me circulos eo pacto cernere multo distinctiores, multoque etiam majori, quam alioqui, numero, sub aspectum venientes.

OB-

OBSERVATIO IV.

Ut adhuc accuratius observarem, quo ordine hi colores ex albis circulis orirentur, pro eo ut radii minus minusque ad lamellam aeream inclinati essent facti; cepi duo vitra objectiva; alterum plano-convexum, ad telescopium quatuordecim pedum; alterum autem vitrum amplum & utrinque convexum, ad telescopium circiter pedum quinquaginta. Cumque huic vitro utrinque convexo, planam faciem alterius superposuissem; appressi ea invicem lenta manu, ut colores in circulorum centro ex ordine emergerent; & deinde vitrum superius lente de inferiori sustuli, ut colores eodem in loco itidem ordine evanescerent. Color, qui, comprimendo vitra, novissimus in medio colorum emergeret, videbatur semper, cum primum appareret, tanquam orbis uno fere & consimili colore ab usque circumferentia sua ad centrum; compressis autem arctius vitris, diffundebat is sese & extendebat perpetuo in latitudinem quoquoversus, donec novus aliquis color in centro ejus emergeret, adeoque is in annulum abiret novo isti colori circumjectum. Porro, arctius adhuc compressis inter se vitris, annuli istius diameter augebatur, orbitæ autem sive circuitus sui latitudo minuebatur, donec novus iterum color in centro antecedentis emergeret: & sic deinceps; donec tertius, quartus, quintus, pluresque novi colores ibi ex ordine similiter emergerent, & in annulos abirent colori intimo circumjectos; quorum utique ultimus esset macula ipsa nigra. E contrario, vitrum superius lente de inferiori sublevando, diametri annulorum contrahebantur, orbitarum autem suarum latitudo augebatur, donec singulorum colores ad usque centrum sua quisque vice pertingerent; quo quidem tempore, quoniam coloris ad centrum exeuntis semper satis magna erat latitudo, facilius, quam antea, colorum singulorum speciem discernere & distincte internoscere potui. Atque hoc pacto, eorum invicem succedendi ordinem atque quantitatem, illam, quæ jam infra exponetur, esse observavi.

Maculæ in centro pellucidæ, ex vitrorum contactu ortæ, successit proxime color cæruleus, deinceps albus, flavus, & ruber. Coloris cærulei adeo pusillum erat quod aspectu perciperetur, ut eum in circulis, quos prismata exhibuerunt, discernere omnino non potuerim; neque vero in eo violacei quicquam distincte cernere potui: at flavus & ruber satis erant copiosi; & tantundem spatii occupare videbantur, quantum albus; quadruplo autem vel quintuplo tantum, quam quantum cæruleus. Proxima colorum series prioribus illis circumjecta, erant violaceus, cæruleus, viridis, flavus & ruber: atque hi quidem omnes, largi erant & clari; si viridem excipias, qui & perexiguus erat, & multo etiam languidior dilutiorque quam cæteri videbatur: colorum quatuor reliquorum, violaceus spatium minimum occupabat; cæruleus autem minus, quam flavus vel ruber. Tertia colorum series, erant purpureus, cæruleus, viridis, flavus, & ruber: in qua purpureus rubicundior videbatur, quam violaceus in priori serie: viridis autem multo magis, quam in priori, conspicuus erat; utpote reliquos omnes colores, excepto uno flavo, claritate atque copia æquiparans: at ruber evanuerat nonnihil, & paulo elutior erat factus; ad purpureum utique permultum descendens. Quarta colorum series, erant viridis & ruber: viridis copiosus erat admodum atque floridus, accedens ad cæruleum ex altera parte, ex altera ad flavum: verum in hac quarta serie nullus erat violaceus, cæruleus, neque flavus; atque etiam ruber vale imperfectus erat, ac nubilus. Qui porro hisce succedebant colores, adhuc magis magisque evanidi dilutique videbantur; donec post tres vel quatuor deinceps series, tandem in ipsam plane albitudinem abirent. Qua forma ac specie hæ series tum apparerent, cum vitra arctissime invicem appressa essent, quo macula nigra se in centro videndam exhiberet; delineatum est in secundo schemate *Tab. I.* ubi *a*, *b*, *c*, *d*, *e*: *f*, *g*, *h*, *i*, *k*: *l*, *m*, *n*, *o*, *p*: *q*, *r*: *s*, *t*: *v*, *x*: *y*, *z*; repræsentant colores ex ordine a centro numeratos; nigrum, cæruleum, album, flavum, rubrum: violaceum, cæruleum,

Digitized by Google

viridem, flavum, rubrum: purpureum, cæruleum, viridem, flavum, rubrum: viridem, rubrum: cæruleum subviridem, rubrum: cæruleum subviridem, rubrum pallescentem: cæruleum subviridem, album rubescentem.

OBSERVATIO V.

Ut intervallum vitrorum, sive crassitudo interjectæ lamellæ aereæ, qua quisque color produceretur, quænam esset definirem; dimensus sum diametros sex priorum annulorum, qua parte orbitæ ipsorum lucidissimæ essent: istarumque diametrorum quadrata inveni in arithmetica esse progressione numerorum imparium, 1, 3, 5, 7, 9, 11. Quare, cum vitrorum illorum alterum planum esset, alterum sphæricum; utique intervalla ipsorum, qua parte annuli isti apparebant, in eadem fuerint progressione necesse est. Dimensus sum quoque diametros annulorum nigrorum sive obscurorum, coloribus illis lucidioribus interjectorum; earumque quadrata inveni in arithmetica esse progressione numerorum parium 2, 4, 6, 8, 10, 12. Quoniam autem res admodum difficilis est, multæque diligentiæ, hujusmodi mensuras accurate & sine errore colligere; cepi easdem iterum & sæpius, & in diversis partibus vitrorum; ut ex singularum responsu inter se, certum scirem omnium veritatem. Atque eadem methodo in aliis quibusdam ex sequentibus observationibus definiendis usus sum.

OBSERVATIO VI.

Diameter sexti annuli, qua parte orbita ejus lucidissima fuit, erat $\frac{58}{100}$ partes unciæ; diameter autem sphæræ, ad quam vitrum objectivum utrinque convexum tornatum fuerat, erat circiter 102 pedum: atque hinc quidem aeris sive aereæ lamellæ vitris in eo annulo interjectæ crassitudinem collegi. Verum postea aliquanto, suspicatus, ne forte sphæræ diametri mensuram haud satis accurate in hac observatione collegerim; nec satis certo sciens, utrum vitrum plano-convexum vere planum esset, an e contrario concavum nonnihil aut convexum ea sui facie quam ego planam existimaveram; atque etiam metuens ne forte vitra compresserim, uti alias sæpe quidem feceram, quo ea se inter se contingerent; (etenim istiusmodi vitrorum partes mutuo compressu facile pandantur atque introrsum cedunt; eoque pacto annuli manifesto evadunt latiores, quam si vitrorum figura non fuisset immutata:) Hæc inquam veritus, experimentum denuo iteravi; invenique diametrum sexti annuli lucidi, esse circiter $\frac{55}{100}$ partes unciæ. Porro autem idem adhuc experimentum, in alio quoque vitro objectivo telescopii, quod tum forte apud me haberem, iteravi. Erat id vitrum utrinque itidem convexum, ad unam eandemque sphæram utraque sui facie tornatum; ejusque focus erat intervallo unciarum $83\frac{2}{5}$: unde, positis finibus incidentiæ & refractionis luminis flavi clarissimi, ea inter se proportione, quæ est 11 ad 17; diameter sphæræ, ad quam vitrum tornatum erat, invenietur, posito calculo, unciarum 182. Id vitrum plano ita superposui, ut macula nigra in medio annulorum coloratorum appareret, tametsi vitra nulla alia pressura, quam suo ipsius vitri superimpositi pondere, compressa essent. Jamque diametrum quinti obscuri annuli qua potui summa cum accuratione dimensus, inveni eam esse $\frac{1}{5}$ unciæ accuratissime. Annulum illum dimensus sum circino, in superiori facie vitri superioris; distabatque a vitro illo superiori oculus meus, intervallo circiter octo aut novem unciarum, ad perpendiculum fere interjecto; eratque id vitrum $\frac{1}{6}$ unciæ crassum: unde facile colligitur, veram annuli inter vitra interjacentis diametrum, majorem fuisse quam diametrum ejusdem in superiori facie vitri superio-

Digitized by Google

perioris dimensam, ea, aut fere ea, proportione quæ est 80 ad 79; & consequenter veram illam diametrum fuisse $\frac{16}{79}$ unciæ, veramque semidiametrum $\frac{8}{79}$ unciæ. Jam autem ut diameter sphæræ, (182 unciæ) ad semidiametrum quinti illius annuli obscuri, ($\frac{8}{79}$ partes unciæ;) ita hæc semidiameter, ad crassitudinem aereæ lamellæ vitris in quinto illo annulo obscuro interjectæ : quæ proinde crassitudo, fit $\frac{32}{567931}$ sive $\frac{100}{1774784}$ partes unciæ; & quinta ejus pars, videlicet $\frac{1}{88739}$ pars unciæ, est crassitudo aeris in primo horum annulorum obscurorum.

Adhæc, idem experimentum rursus iteravi, in alio vitro objectivo utrinque convexo, & utraque sui facie ad unam eandemque sphæram tornato. Focus ejus, erat intervallo unciarum 168 $\frac{1}{2}$; ac proinde diameter sphæræ, 184 unciæ. Cum id vitrum, eidem, quo ante usus eram, vitro plano superpositum esset; diameter quinti annuli obscuri, quando macula nigra in centro sine ulla vitrorum compressione manifesto appareret, erat, circino super vitro superiori dimensa, $\frac{121}{600}$ partes unciæ; & consequenter eadem, inter vitra, erat $\frac{1222}{6000}$: Etenim vitrum superius, erat $\frac{1}{8}$ unciæ crassum; & oculus meus distabat ab eo, intervallo octo unciarum. Jam autem ut diameter sphæræ, ad dimidium hujus diametri annuli; ita dimidium hujus diametri annuli ad $\frac{5}{88850}$ partes unciæ. Ea igitur est crassitudo aeris in hoc annulo; & quinta ejus pars, videlicet $\frac{1}{88850}$ pars unciæ, est (ut supra) crassitudo aeris in primo annulorum obscurorum.

Rem eandem expertus sum, superponendo eadem vitra objectiva planis fragmentis speculorum; invenique easdem mensuras annulorum. Quocirca mensuras istas tanquam vere collectas ac certas assumam, donec in vitris ad sphæras ampliores tornatis accuratius definiri queant. Quanquam in istiusmodi quidem vitris, majori id erit cura atque diligentia agendum, ut vitrum vere atque accurate planum eis summittatur.

Has mensuras egi, cum oculus meus supra vitra ad perpendiculum fere collocatus esset; distaret autem a radiis incidentibus circiter unciam 1, aut $1\frac{1}{4}$, & a vitro uncias octo; adeo ut radii ad vitrum inclinati essent, in angulo circiter 4 graduum. Unde ex sequenti observatione intelliges; si radii in vitra ad perpendiculum incidissent; utique aerem in istis annulis minus fuisse crassum futurum, ea proportione, quæ est semidiametri ad secantem 4 graduum, hoc est, in proportione 10000 ad 10024. Diminuantur igitur in hac proportione crassitudines antedictæ; & fient $\frac{1}{88952}$ ac $\frac{1}{89063}$ sive (ut proximo numero rotundo utar) $\frac{1}{89000}$ pars unciæ. Hæc est crassitudo aeris in primo annulo obscuro radiis ad perpendiculum incidentibus exhibito, qua parte is annulus obscurissimus est; & dimidium hujus crassitudinis, ductum in numeros progressione arithmetica continuos 1, 3, 5, 7, 9, 11, *&c.* dat crassitudines aeris in omnibus annulis lucidis, qua parte illi lucidissimi sunt; videlicet $\frac{1}{178000}$, $\frac{3}{178000}$, $\frac{5}{178000}$, $\frac{7}{178000}$, &c. quorum quidem numerorum medii arithmetici, $\frac{2}{178000}$, $\frac{4}{178000}$, $\frac{6}{178000}$, &c. sunt crassitudines ipsius in omnibus annulis obscuris, qua parte ii obscurissimi sunt.

Digitized by Google

OBSERVATIO VII.

Annuli tum minimi videbantur, cum oculus meus in axe annulorum ad perpendiculum ſupra vitra collocatus eſſet. Cum autem eos obliquius intuerer, majores erant facti; & dilatabant ſe perpetuo quaquaverſum, pro eo ut oculum meum longius ab axe removerem. Atque diametrum quidem unius ejuſdemque circuli; partim dimetiendo eam in diverſis oculi obliquitatibus, partim aliis quibuſdam rationibus, partim etiam adhibendo bina iterum priſmata ad menſuras in maximis obliquitatibus colligendas; diametrum, inquam, unius cujuſvis circuli, & conſequenter craſſitudinem aeris in circuitu ipſius, inveni, in diverſis illis obliquitatibus, proportiones ſibi habere in ſequenti tabula expreſſas, quam proxime.

Angulus incidentiæ in aerem.		*Angulus refractionis in aerem.*		*Diameter annuli.*	*Craſſitudo aeris.*
Grad.	Min.				
00	00	00	00	10	10
06	26	10	00	$10\frac{1}{13}$	$10\frac{2}{13}$
12	45	20	00	$10\frac{1}{3}$	$10\frac{2}{3}$
18	49	30	00	$10\frac{3}{4}$	$11\frac{1}{2}$
24	30	40	00	$11\frac{2}{5}$	13
29	37	50	00	$12\frac{1}{2}$	$15\frac{1}{2}$
33	58	60	00	14	20
35	47	65	00	$15\frac{1}{4}$	$23\frac{1}{4}$
37	19	70	00	$16\frac{4}{5}$	$28\frac{1}{4}$
38	33	75	00	$19\frac{1}{4}$	37
39	27	80	00	$22\frac{6}{7}$	$52\frac{1}{4}$
40	00	85	00	29	$84\frac{1}{10}$
40	11	90	00	35	$122\frac{1}{2}$

In duabus prioribus columnis exhibentur incidentium & emergentium radiorum obliquitates ad lamellam aeream, hoc eſt, anguli ipſorum incidentiæ & refractionis. In tertia columna, diameter annuli cujuſvis colorati, in iſtis omnibus obliquitatibus, exprimitur talibus partibus, quarum decem tum conſtituunt ejuſdem annuli diametrum, cum radii ad perpendiculum incidunt. Denique in quarta columna, craſſitudo aeris in circuitu ejuſdem annuli, exprimitur talibus partibus, quarum itidem decem tum conſtituunt craſſitudinem illius in ejuſdem circuitu, cum radii ad perpendiculum incidunt.

Atque ex hiſce quidem menſuris, videor mihi colligere hanc regulam: nempe, craſſitudinem aeris proportionalem eſſe ſecanti anguli, cujus ſinus ſit certa media proportionalis inter ſinus incidentiæ & refractionis. Ea autem media proportionalis, quatenus quidem eam ex his menſuris definire potuerim, eſt prima ex 106 arithmeticis mediis proportionalibus inter iſtos ſinus; incipiendo nimirum a ſinuum majori,

hoc

Digitized by Google

hoc est, a sinu refractionis, cum refractio fiat e vitro in lamellam aeream; a sinu incidentiæ autem, cum refractio fiat e lamella aerea in vitrum.

OBSERVATIO VIII.

Macula nigra quoque in medio annulorum, augebatur obliquatione oculi; quanquam vix adeo, ut id sensu percipi posset. Verum si loco vitrorum objectivorum, adhiberentur prismata; dilatabatur ea manifestius, cum adeo oblique inspiceretur, ut nulli colores ei viderentur circumjecti. Minima tum erat, cum radii luminis in interjacentem aerem obliquissime inciderent; pro eo autem ut horum obliquitas minueretur, ita illa magis magisque augebatur, usque dum annuli colorati apparerent; tumque iterum minuebatur; verum non tantum, quantum se ante dilataverat. Atque hinc manifestum est, maculam illam pellucere, non modo qua parte vitra se inter se contingerent plane, verum etiam qua exiguo quodam intervallo distarent inter se. Nonnunquam maculam illam ita comparatam observavi, ut, cum fere ad perpendiculum inspiceretur, ejus diameter major esset duabus quintis partibus & minor semisse diametri exterioris circuitus coloris rubri in prima serie sive ordine colorum; cum autem oblique inspiceretur, evanuerit penitus, & opaca atque alba ac reliquo vitro similis facta fuerit. Unde colligi potest, vitra tum vix, aut ne vix quidem, se inter se contigisse; & intervallum ipsorum in circuitu maculæ illius ad perpendiculum inspectæ, fuisse circiter quintam aut sextam partem intervalli eorundem in circuitu coloris rubri antedicti.

OBSERVATIO IX.

Cum transpicerem bina contigua vitra objectiva, observabam interjacentem aerem exhibere annulos coloratos, lumine transmisso, æque ac reflexo. Macula in centro jam alba erat; & colores ordine inde numerati, erant ruber flavescens, niger, violaceus, cæruleus, albus, flavus, ruber, violaceus, cæruleus, viridis, flavus, ruber, &c. Verum colores isti valde languidi erant ac diluti, nisi cum lumen valde oblique per vitra trajiceretur; etenim eo pacto, satis clari ac floridi videbantur: attamen primus ille ruber flavescens, etiam adhuc, sicuti cæruleus in quarta observatione, adeo exiguus erat atque evanidus, ut vix discerni potuerit. Quum annulos hosce coloratos, luminis transmissu exhibitos, cum illis reflexione exhibitis compararem; observabam album ex opposito respondere nigro, rubrum cæruleo, flavum violaceo, & viridem colori composito ex rubro & violaceo: hoc est, partes vitri eas, quæ inspicienti albæ viderentur, transpicienti videri nigras; & contra. Similiter, quæ partes inspicienti cæruleæ viderentur, eas transpicienti videri rubras; & contra: & similiter reliquos omnes colores. Hoc qui fiat, expressum habes in tertio schemate (*Tab. I.*); ubi A B, C D, sunt superficies vitrorum contiguorum in E; lineæ autem nigræ interductæ, sunt superficierum istarum intervalla in progressione arithmetica: & colores supra adscripti ii sunt, qui lumine reflexo videntur: colores autem infra adscripti ii, qui lumine transmisso.

OBSERVATIO X.

Cum vitra objectiva ab extremis suis marginibus madefecissem nonnihil, aqua lente inter ea porro subrepsit; eoque pacto circuli minores sunt facti, coloresque languidiores: adeo ut, dum aqua ultro adrepebat, circuli dimidii, quo illa primum pervenit, abrupti ab alteris suis dimidiis viderentur, & in parvitatem contracti. Circulos hosce minores in aqua exhibitos dimensus, inveni diametros ipsorum ad diametros similium circulorum in lamella aerea exhibitorum, eam fere habere proportionem, quam habent septem ad octo; & consequenter intervalla vitrorum in consimilibus circulis aqua & aere exhibitis, esse inter se circiter ut 3 ad 4. Utique

fieri

Digitized by Google

fieri poteſt, ut univerſalis ſit regula iſta : Siquod medium magis minuſve denſum quam aqua, inter duo vitra comprimatur ; fore ut intervalla vitrorum in annulis iſto medio interjacente exhibitis, ſint ad intervalla eorundem in conſimilibus annulis interjacente aere exhibitis, ut ſunt inter ſe ſinus qui metiuntur refractionem quæ fiat ex iſto medio in aerem.

OBSERVATIO XI.

Cum aquæ lamella inter vitra interjaceret ; ſi vitrum ſuperius varie in margine ſuo apprimerem, quo annuli ultro citroque celeriter deferrentur ; ſequebatur continuo centrum ipſorum exigua quædam macula alba, quæ, prout aqua circumjecta in locum illum adrepebat, illico evaneſcebat. Specie videbatur tali, atque etiam coloribus talibus, quales aer ibidem inter vitra interjectus, exhibiturus fuiſſet. Atqui ea non erat aer: etenim bullulæ aereæ, ſiquæ forte in aqua ineſſent, non continuo, adrepente aqua, evaneſcebant. Proinde reflexio illa, ex ſubtiliori aliquo medio, quod trans vitrum recedendo aquæ adrepenti locum cedere potuerit, orta ſit neceſſe eſt.

OBSERVATIO XII.

Hæ mihi obſervationes factæ ſunt in aperta luce. Verum, quo adhuc penitius hanc materiam ſpecularer, perſcrutando deinceps quinam eſſent futuri effectus luminis colorati in hæcce vitra objectiva incidentis ; cubiculo tenebras induxi. Et inſpexi eadem vitra illuminata jam reflexu colorum priſmaticorum chartæ albæ plagula exceptorum ; oculo nimirum ita collocato, ut chartam coloratam in vitris illis, tanquam in ſpeculo, poſſem reflexione conſpicari. Eventus autem experimenti is erat ut annuli jam multo diſtinctiores facti eſſent ; & longe etiam majori numero ſub aſpectum venirent, quam in aperta luce. Vidi aliquando hoc pacto amplius viginti ; cum in aperta luce diurna, haud amplius octo aut novem diſcernere potuerim.

OBSERVATIO XIII.

Cum quendam mihi tum forte adſiſtentem, priſma hac illac circa axem ſuum convertere juſſiſſem; quo colores omnes ſua quiſque vice in eam partem chartæ inciderent, quam ego in ea parte vitrorum, ubi circuli apparebant, reflexione conſpicarer ; ut adeo colores omnes ſua quiſque vice ex circulis iſtis reflecterentur ad oculum meum immotum interea permanentem : obſervavi circulos quos exhibebat lumen rubrum, manifeſto majores eſſe quam quos exhiberet lumen cæruleum ac violaceum : magnaque voluptate perfuſus, videbam eos dilatare aut contrahere ſe gradatim, pro eo ac color luminis immutabatur. Vitrorum intervallum in quovis annulorum luce rubra extrema exhibitorum, ad intervallum ipſorum in eodem annulo luce violacea extrema exhibito, proportionem habebat majorem, quam habent 3 ad 2 ; & minorem, quam habent 13 ad 8 ; ſecundum pleraſque autem obſervationum mearum, eam, quam habent 14 ad 9. Atque hæc quidem proportio una eademque ferme, in omnibus oculi obliquitatibus, videbatur ; niſi quum, loco vitrorum objectivorum, bina iterum priſmata adhiberem. Tum enim, in magna quadam oculi obliquitate, annuli diverſis coloribus exhibiti æquales videbantur inter ſe ; &, in obliquitate adhuc majori, annuli violaceo lumine exhibiti majores videbantur, quam iidem lumine rubro exhibiti : refractione priſmatis videlicet, hoc in caſu, efficiente ut radii maxime refrangibiles inciderent obliquius in lamellam aeream, quam radii minime refrangibiles. Hic erat exitus hujus experimenti in lumine colorato, quod quidem ſatis forte & copioſum eſſet quo annuli ſub aſpectum venirent. Atque hinc porro inferri poteſt ; ſi radii maxime minimeque refrangibiles

ſatis

Digitized by Google

satis copiosi ipsi fuissent, quo annuli sine ulla aliorum radiorum admixtione sub aspectum venire potuissent, proportionem, quæ jam erat 14 ad 9, paulo majorem futuram fuisse, puta $14\frac{1}{4}$ vel $14\frac{1}{3}$ ad 9.

OBSERVATIO XIV.

Dum prisma motu æquabili circa axem suum convertebatur, quo colores omnes sua quisque vice inciderent in vitra objectiva, eoque pacto efficerent ut annuli sese contraherent atque dilatarent; contractio vel dilatatio cujusque annuli, quæ consequebatur hoc modo coloris sui variationem, celerrima erat in colore rubro, in violaceo lentissima, & in intermediis coloribus celeritate intermedia comparate. Porro, cum id perscrutarer, quanta esset contractio illa ac dilatatio in omnibus gradibus uniuscujusque coloris; inveni maximam eam esse in colore rubro, in flavo minorem, in cæruleo adhuc minorem, & in violaceo omnium minimam. Utque harum contractionum ac dilatationum proportiones quam possem accuratissime æstimarem; observabam totam contractionem aut dilatationem diametri cujusvis annuli in universis gradibus coloris rubri, esse ad totam contractionem aut dilatationem diametri ejusdem annuli in universis gradibus coloris violacei, circiter ut 4 ad 3, aut 5 ad 4; & quum lumen esset coloris medii inter flavum & viridem, tum diametrum annuli esse quamproxime mediam arithmeticam inter maximam diametrum ejusdem annuli in colore rubro extremo, & minimam diametrum ejusdem in extremo colore violaceo; contra, quam evenit in coloribus oblongæ imaginis refractione prismatis exhibitæ; ubi color ruber maxime contractus est, violaceus maxime expansus, & in medio colorum omnium est confinium viridis ac cærulei. Atque hinc id porro videor mihi colligere: crassitudines aeris inter vitra objectiva interjacentis eo in loco, ubi annulum exhibent sua quisque vice limites colorum quinque præcipuorum, rubri, flavi, viridis, cærulei & violacei, (hoc est, limes extremus coloris rubri, confinium rubri & flavi in medio coloris aurei, confinium flavi & viridis, confinium viridis & cærulei, confinium cærulei & violacei in medio coloris indici, & limes extremus coloris violacei;) eas, inquam, aeris crassitudines, esse inter se quamproxime ut sex chordæ longitudines, quæ sonent notas illas musicas in sexta majori, *sol*, *la*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*. Verum cum experimento conveniet aliquanto melius, si dicemus, crassitudines aeris inter vitra interjacentis eo in loco, ubi annulos exhibent sua quisque vice limites colorum septem, rubri, aurei, flavi, viridis, cærulei, indici & violacei, eas, inquam, aeris crassitudines, esse inter se ut radices cubicæ quadratorum octo longitudinum chordæ, quæ sonent notas illas musicas in octava, *sol*, *la*, *fa*, *sol*, *la*, *mi*, *fa*, *sol*; hoc est, ut radices cubicæ quadratorum, numerorum 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{1}{2}$.

OBSERVATIO XV.

Hi annuli non fuerunt variis coloribus, sicuti illi qui in aperta luce apparuerant; sed toti videbantur eo uno colore qui esset in se a prismate projectus. Præterea, projiciendo colores prismate exhibitos in ipsa vitra objectiva directo, comperi id lumen, quod incideret in nigra annulorum coloratorum interordinia, transmitti utique per vitra sine ulla coloris sui mutatione. Etenim super chartam albam ultra collocatam, depingebat id lumen annulos, eodem colore atque eos qui reflexi essent, magnitudine autem eadem atque intervalla reflexorum annulorum comparate. Atque hinc manifesto apparet, quæ sit horum omnium annulorum causa atque origo: nempe, aerem inter vitra interjacentem, pro eo quanta sit crassitudine, ita esse comparatum, ut lumen unius cujusvis coloris aliis in locis reflectat, in aliis transmittat, (quomodo rem in quarto schemate (*Tab. I.*) delineatam videre est;) itemque eodem in loco lumen uno colore reflectat, ubi id quod alio sit colore transmittat.

Digitized by Google

OBSERVATIO XVI.

Quadrata diametrorum annulorum iſtorum uno quovis colore priſmatico exhibitorum, erant in progreſſione arithmetica; ſicuti in quinta obſervatione. Et diameter ſexti circuli, cum is colore flavo citrino exhiberetur, & fere ad perpendiculum inſpiceretur, erat circiter $\frac{58}{100}$ partes unciæ, aut paulo minor eo; congruenter ſextæ obſervationi.

Hactenus expoſui quæ obſervaverim in tenui lamella rarioris medii denſiore terminati; qualis eſt aer, vel aqua, inter bina vitra oompreſſus. Supereſt ut deinceps exponam quæ obſervaverim in tenuibus lamellis denſioris medii rariore terminati; quales ſunt laminæ lapidis ſpecularis fiſſilis e Muſcovia advecti, bullulæ aquæ, & alia ſimilia corpora tenuia aere undique terminata.

OBSERVATIO XVII.

Si aqua ſapone ad lentorem nonnihil incraſſata in bullam tenſa ſit inflando; notum eſt in vulgus, eam poſt parvum temporis ſpatium magna colorum varietate apparituram. Quominus autem ejuſmodi bullæ, aere externo agitarentur; (qua quidem agitatione colores ipſarum confuſius inter ſe & inordinati huc illuc deferuntur, adeo ut nequaquam accurate obſervari queant;) bullam, ſimul ac ad juſtam magnitudinem tenſa eſſet inflando, ſolebam ſcypho vitreo pellucido deſuper impoſito circumtegere: quo pacto colores ipſius ordine admodum diſcreto emergebant; cingentes, tanquam totidem annuli concentrici, bullæ ſummitatem. Qui quidem annuli, pro eo ut aqua bullam perpetuo tenuabat ſubſidendo, dilatabant ſe paulatim, & diffundebant ſeſe per totam bullam; deſcendentes ſerie continua a ſummo uſque ad imum, ibique demum ordine evaneſcentes. Interea autem, poſtquam colores omnes in ſumma bulla emerſerant, naſcebatur in centro annulorum parva rotunda macula nigra, ſimilis atque illa in prima obſervatione; quæ porro dilatabat ſe perpetuo, uſque eo ut nonnunquam amplius $\frac{1}{2}$ vel $\frac{1}{4}$ unciæ in latitudinem haberet, antequam bulla diſrumperetur. Exiſtimaveram primo aſpectu, nullum omnino lumen ab aqua inde loci reflexum fuiſſe: verum poſtea attentius maculam illam inſpiciens, diſcernebam in ea plures minores maculas rotundas, quæ multo adhuc quam ipſa nigriores videbantur & tenebroſiores. Unde intellexi, eſſe utique aliquam reflexionem illis in locis, quæ minus, quam iſtæ maculæ exiguæ, tenebroſa eſſent: atque equidem, experimentum adhuc ulterius proſequendo, comperi imagines rerum aliquarum, ut candelæ aut Solis, non modo in majori macula nigra, verum etiam in illis ipſis minoribus ac tenebroſioribus maculis in majori illa incluſis inſpectas, reflexione, quamvis languida admodum, tamen cerni poſſe.

Præter antedictos annulos coloratos, apparebant etiam ſæpe parvæ aliquæ maculæ coloratæ, ſurſum deorſum, ultro citroque commeantes in lateribus bullæ; quæ ſcilicet orirentur ex inæquali quadam craſſitudine aquæ inter ſubſidendum. Nonnunquam & nigræ quoque maculæ in bullæ lateribus generatæ, aſcendebant paulatim; tandemque in majorem illam maculam nigram, quæ eſſet in bullæ vertice, coibant.

OBSERVATIO XVIII.

Quoniam colores harum bullarum largiores clarioreſque erant, adeoque diſcretu etiam faciliores, quam colores lamellæ aereæ inter bina vitra interjectæ; viſum eſt mihi hoc in loco diſtinctius exponere, quonam ordine hi colores apparuerint & comtemplandos ſe exhibuerint, quum reflexione cœli ſubalbidioris inſpicerentur, corpore aliquo nigro interea ultra bullam a parte poſteriori collocato. Erat autem is ordo hujuſmodi: Color ruber, cæruleus; ruber, cæruleus; ruber, cæruleus; ruber, vi-

Digitized by Google

viridis; ruber, flavus, viridis, cæruleus, purpureus; ruber, flavus, viridis, cæruleus, violaceus; ruber, flavus, albus, cæruleus, niger.

Tres priores series colorum rubri & cærulei, valde dilutæ erant ac nubilæ; prima præsertim, in qua ruber videbatur quodammodo subalbidus. Et in his quidem seriebus vix alius ullus erat color, qui sensu percipi posset, præter rubrum & cæruleum; nisi quod cæruleus, (præcipue in secunda serie,) accedebat nonnihil ad viridem.

In quarta quoque serie color ruber dilutus erat ac nubilus; sed non tantum, quantum in tribus prioribus. Huic successit flavi quidem parum aut nihil, sed viridis satis copiosus; qui porro flavescebat paululum initio, postea autem factus est viridis saligneus clarus & bonus, & deinde convertebat se in colorem subcæruleum; ei autem successit neque cæruleus, neque violaceus.

In quinta serie color ruber primum purpurascebat valde; postea autem factus est clarior & floridior, nec tamen admodum purus. Huic successit flavus, clarus admodum ac saturatus; sed perexiguus, & qui illico mutabatur in viridem: at viridis iste copiosus erat; atque etiam purior aliquanto, saturatior, & floridior, quam viridis in priori serie. Eum consecutus est color cyaneus clarissimus atque optimus; deinde purpureus, qui & minor erat cyaneo, & ad rubrum multum accessit.

In sexta serie color ruber, coccineus erat; primo clarus admodum ac floridus, postea autem etiam adhuc clarior; utique purus & excitatus valde, & colorum omnium rubrorum optimus. Huic successit color aureus floridus; deinde flavus clarus, largus, ac satur; qui erat itidem colorum omnium flavorum optimus; isque se convertebat primo in flavum subviridem, deinde in cæruleum subviridem: at viridis iste, qui inter flavum & cæruleum intervenit, exiguus erat admodum ac dilutus; adeo ut albus viridicatus, potius quam color vere viridis, videretur. Cæruleus, qui proxime successit, valde erat bonus; utique color cyaneus admodum clarus; aliquanto tamen infra cæruleum in præcedenti serie. Violaceus porro satur erat ac plenus, haud fere ullo admixto sibi rubore: quantitate autem minor erat, quam cæruleus.

In ultima serie color ruber, coccineus erat in violaceum desinens; brevi autem factus est color clarior, ad aureum accedens. Cui succedens flavus, initio quidem satis bonus erat & floridus; postea autem dilutior evasit, donec gradatim in ipsam tandem albitudinem desineret. Atque hæc quidem albitudo, siquando aqua valde tenax esset facta & bene temperata, dilatabat paulatim & diffundebat se per maximam partem bullæ; pallescens interim a vertice magis magisque, donec tandem ibi permultas quasi fissuras ageret; quæ porro fissuræ, prout amplius dilatabantur, colore cyaneo videbantur satis quidem bono, obscuro tamen & fusco; albitudine interea inter maculas cæruleas assiduo minuente: donec filis irregularis cujusdam operis reticulati similis esset facta, tandemque plane evanesceret; tumque superior bullæ pars omnis, obscuriori illo colore cyaneo antedicto tincta videbatur. Atque hic deinceps color, similiter ac antecedens albitudo, dilatabat se quoquoversus deorsum, donec se per totam nonnunquam bullam diffuderit. Interea autem a vertice bullæ, qui colore cyaneo magis obscuro erat quam partes ejusdem inferiores, quique etiam multis rotundis maculis cyaneis adhuc magis obscuris interstinctus videbatur; emergebat una pluresve maculæ valde nigræ, atque intra eas aliæ adhuc nigriores, quas in superiori ante observatione memoravi. Atque quidem dilatabant se perpetuo, usque dum bulla disrumperetur.

Si aqua non valde tenax esset, maculæ nigræ intra albitudinem prorumpebant, sine ullo coloris cærulei interventu, qui quidem sensu percipi posset. Nonnunquam etiam prorumpebant intra præcedentem flavum, aut rubrum; vel etiam intra cæruleum secundi ordinis; antequam colores intermedii sese explicandi spatium haberent.

Ex hac descriptione intelligere poteris, quam valde affines sint hi colores coloribus illis in lamella aerea generatis, quos in quarta supra observatione descripsimus.

Digitized by Google

Quanquam hi quidem contrario, atque illi, ordine dispositi sunt; propterea quod apparere tum incipiunt quando bulla crassior est, & convenientius numerantur ab infima & crassiori parte bullæ sursum versus.

OBSERVATIO XIX.

Cum annulos colorum a vertice bullæ emergentes, in variis obliquis oculi positionibus intuerer; observabam eos, prout obliquitas illa oculi augeretur, dilatare se satis quidem manifesto; at multo tamen minus, quam dilataverant se annuli in lamella aerea in septima supra observatione memorati. Etenim illi se dilataverant eousque, ut quando obliquissime inspicerentur, pertigerint ad locum in lamella aerea amplius duodecim partibus crassiorem quam eum, ubi cum ad perpendiculum inspecti essent, siti fuissent visi: at hi quidem, cum obliquissime in bulla inspicerentur, eo solum loci pertigerunt, ubi crassitudo aquæ ad crassitudinem suam illic, ubi iidem annuli ad perpendiculum essent visi, proportionem paulo minorem haberet, quam habent 8 ad 5. Utique ea proportio, ex optimis observationum mearum, erat inter 15 & 15 $\frac{1}{2}$ ad 10. Qui quidem horum annulorum auctus, circiter 24 partibus minor est, quam annulorum in lamella aerea visorum.

Nonnunquam bulla unius & ejusdem usquequaque crassitudinis erat facta, nisi a vertice suo prope maculam nigram: id quod ex eo intellexi, quod illa unam eandemque totam colorum suorum speciem oculo in omni positione exhiberet. Atque hoc quidem in casu colores, qui in extremo ipsius circuitu per radios maxime obliquos videbantur, alii erant ac qui aliis in locis per radios minus obliquos essent visi. Item una eademque bullæ pars, diversis spectatoribus colores diversos exhibebat; cum in diversis obliquitatibus inspiceretur. Jam autem, observando quantum colores, vel in eisdem partibus bullæ, vel in diversis partibus eadem crassitudine, mutarentur per varias radiorum obliquitates: comperi, ope observationum 4tæ, 14tæ, 16tæ, & 18væ, (quomodo eæ infra erunt explicatæ;) crassitudinem aquæ, qua unus idemque color in diversis obliquitatibus exhibeatur, ea quamproxime proportione esse, quam in sequenti tabula expressam habes.

Incidentia

Digitized by Google

Incidentia in aquam.		*Refractio in aquam.*		*Crassitudo aquæ.*
Grad.	Min.	Grad.	Min.	
00	00	00	00	10
15	00	11	11	$10\frac{1}{4}$
30	00	22	1	$10\frac{4}{5}$
45	00	32	2	$11\frac{4}{5}$
60	00	40	30	13
75	00	46	25	$14\frac{1}{2}$
90	00	48	35	$15\frac{1}{5}$

In duabus prioribus columnis exhibentur obliquitates radiorum ad ſuperficiem aquæ; hoc eſt, anguli ipſorum incidentiæ & refractionis. Ubi pono ſinus qui metiuntur iſtam incidentiam & refractionem, eſſe in numeris integris ut 3 ad 4; quanquam veri quidem ſimile eſt, vim refringentem aquæ poſſe admixto ſapone eſſe nonnihil immutatam. In tertia columna bullæ craſſitudo, qua quivis unus color in diverſis illis obliquitatibus exhibeatur, exprimitur talibus partibus, quarum decem tum conſtituant craſſitudinem iſti colori exhibendo aptam, cum radii incidant ad perpendiculum. Et cum hiſce menſuris bene convenit, ſiquidem recte applicetur regula per ſeptimam obſervationem inventa; nempe, craſſitudinem lamellæ aquæ, qua unus idemque color in diverſis oculi obliquitatibus exhibeatur, proportionalem eſſe ſecanti anguli cujuſdam, cujus ſinus ſit prima ex 106 arithmeticis mediis proportionalibus inter ſinus incidentiæ & refractionis; incipiendo a ſinuum minori, hoc eſt, a ſinu refractionis, quando refractio fit ex aere in aquam; alioquin, a ſinu incidentiæ.

Obſervavi aliquando, colores, qui oriuntur in chalybe polito, cum is calefiat; vel in ære campano, aliiſve, metallis, cum liquefiant & in terram effuſa ſint, ut in aperto aere refrigeſcant, mutatos fuiſſe nonnihil, ſicuti colores bullarum aquæ, quum in diverſis obliquitatibus inſpicerentur: & ſpeciatim cæruleum ſaturum, ſeu violaceum, cum valde ex obliquo inſpectus eſſet, convertiſſe ſe in colorem rubrum ſaturum. Verum enimvero horum colorum mutationes multo ſunt minores, quam colorum aqua exhibitorum. Etenim ſcoria, ſive pars metalli vitrificata, quam pleraque metalla calefacta vel liquefacta protrudunt perpetuo & in ſuperficiem ſuam emittunt; quæque metallum in modum tenuis cuticulæ vitreæ obtegendo, colores hoſce efficit; multo utique denſior eſt, quam aqua. Invenio autem colorum mutationem eam, quæ fiat obliquatione oculi, in omni tenui corpore, ut cujuſque materia denſiſſima eſt, ita minimam eſſe.

OBSERVATIO XX.

Quemadmodum in nona obſervatione lamella aerea, ita hic bulla aquæ; quem colorem reflexione luminis exhiberet, ejus ſemper contrarium exhibebat, luminis

L 2 tranſ-

Digitized by Google

transmissu. Exempli gratia. Quum bulla inspecta, luminis nubium reflexu, rubra ab extremo sui circuitu videretur; nubes eodem tempore, vel statim post, per bullam transpectæ, colorem cæruleum in eodem ejus circuitu exhibebant. Et e contrario; quum bulla reflexo lumine cærulea videretur, videbatur rubra transmisso.

OBSERVATIO XXI.

Cum lapidis specularis lamellas pertenues, quarum scilicet tenuitas tanta erat ut eæ colores similes ac bulla aquæ exhiberent, madefecissem; colores ipsarum debiliores continuo languidioresque evadebant; maxime si lamellas ea sui facie, quæ esset aversa ab oculo, madefacerem. At qui gradus solummodo, non utique genus colorum, quod quidem ego discernere potuerim, immutabatur. Itaque id, qua crassitudine ad certum quemvis colorem producendum debeat esse lamella, solummodo ex sua lamellæ ipsius densitate, non item ex densitate, medii circumjacentis, pendet. Atque hinc, ope observationum decimæ ac decimæ sextæ, inveniri poterit quanta crassitudine sint bullæ aquæ, vel lamellæ lapidis specularis, vel alia quævis corpora, ea sui parte, qua certum quemvis colorem exhibent.

OBSERVATIO XXII.

Tenue corpus pellucidum, quod sit densius medio sibi circumjecto, colores clariores floridioresque exhibet, quam id quod medio sibi circumjecto fuerit simili proportione rarius. Id quod in aere & vitro speciatim observavi. Etenim cum vitrum in lychno fornaceo fusum ad summam usque tenuitatem inflando tetendissem, lamellæ istæ vitreæ aere circundatæ exhibebant colores multo utique floridiores, quam quos lamellæ aereæ binis vitris interjectæ exhibuerant.

OBSERVATIO XXIII.

Cum in id inquirerem, quantum luminis ex singulis annulis reflecteretur; observabam reflecti id copiosissime ex annulis primis sive intimis, in exterioribus autem gradatim minui. Item albitudinem primi annuli clariorem esse, quam earum medii tenuioris aut lamellæ partium, quæ extra ultimos annulos jacerent. Id quod manifesto cernere poteram, inspiciendo, paulo majori interjecto intervallo, annulos inter bina vitra objectiva exhibitos; vel conferendo inter se duas aquæ bullas interposito tali temporis spatio conflatas, ut simul in altera earum conspiceretur, albor iste qui colores omnes sequeretur, in altera iste qui omnes præcederet.

OBSERVATIO XXIV.

Cum vitrorum objectivorum alterum alteri superpositum esset, ita ut annuli colorum apparerent; quamvis nudo oculo non amplius octo aut novem annulorum istorum discernere potuerim, tamen per prisma inspicienti longe major eorum numerus mihi visus fuit; adeo ut jam amplius quadraginta numerare potuerim, præter alios permultos adeo exiguos atque densatos, ut oculorum acies eos distincte cernere ac numerare haud potuerit; verum ex spatio quod omnes simul occupabant, eos nonnunquam plus centum esse æstimavi. Atque equidem credo, experimentum hocce prosequendo, longe adhuc plures posse aliquando discerni. Videntur enim reapse esse innumeri, quamvis eatenus tantum sub aspectum veniant, quatenus prismatis refractione separari queant; uti infra uberius explicabitur.

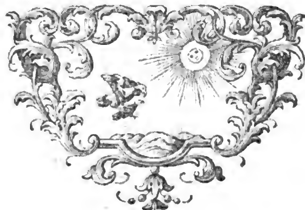
Verum enimvero ea prismatis refractione, una tantum horum annulorum pars, illa videlicet versus quam refractio ea fieret, distinctior erat facta. Utique altera eorum pas confusior erat facta, quam quum nudo oculo inspicerentur; adeo ut ista in parte, haud amplius unum aut duos & interdum nullos discernere potuerim annulo-

Digitized by Google

nulorum illorum, quorum octo aut novem ipsos etiam nudo oculo discernere poteram. Item segmenta eorum sive arcus, illa ipsa in parte ubi adeo numerosi videbantur, plerunque haud excedebant magnitudine tertiam partem circuli. Porro, si refractio valde esset magna, vel prisma a vitris objectivis longius remotum; jam vero etiam horum ipsorum arcuum partes mediæ, erant itidem factæ confusæ; adeo ut istæ mediæ ipsorum partes evanuerint, in albitudinem plane abeuntes; interea dum extremitates ipsorum utræque, itemque arcus ii, qui longius abessent a centro, toti, distinctiores quam antea apparerent; ea nimirum specie, quam in quinto schemate expressam vides.

Arcus hi, (*Tab. II.*) quo in loco distinctissimi videbantur, erant solummodo albi & nigri alternis, sine ullo alio colore intermixto. Verum aliis in locis apparebant colores: quorum utique ordo refractione prismatis ita erat inversus, ut si prisma primo proxime vitra objectiva manu tenerem, deinde autem id paulatim ad oculum versus retraherem; colores secundi, tertii, quarti, & sequentium annulorum, contraherent se proinde gradatim ad albitudinem inter annulos emergentem, usquedum in eam abeuntes penitus evanescerent a media quidem parte arcuum; & deinceps, ordine contrario, iterum inde emergerent: at ab extremitatibus arcuum, colores ordinem suum servabant nihil immutatum.

Nonnunquam vitrorum objectivorum alterum alteri ita superposui, ut ea nudo oculo consimilem usquequaque exhibuerint albitudinem, sine ullo vel minimo annulorum coloratorum indicio; & tamen in eisdem per prisma inspectis, ingens annulorum istorum visa fuerit multitudo. Similiter, laminæ lapidis specularis, & bullæ vitreæ in lychno fornaceo conflatæ, quæ minus tenues fuerunt quam ut in eis ulli colores nudo oculo cerni possent; tamen per prisma inspectæ, ingentem exhibuerunt colorum hic illic sine ullo ordine undatim dispositorum varietatem. Denique simili quoque ratione, bullæ aquæ, antequam nudo spectatoris oculo colores exhibere cœperint; per prisma tamen inspectæ, annulis permultis & sibi invicem & horizonti parallelis cinctæ fuerunt visæ. Ad quem quidem effectum obtinendum, oportuit utique ut & prisma horizonti parallelum, vel prope parallelum, teneretur; & ita insuper esset positum, ut radiorum refractio fieret sursum versus.



OPTI-

Digitized by Google

OPTICES

LIBER SECUNDUS.

PARS SECUNDA.

Considerationes super præmissis observationibus.



EXpositis quæ de coloribus hisce observaverim; conveniens erit, antequam observationes istas ad colorum corporum naturalium causas explicandas accommodem, ipsarum observationum eas, quę sint magis compositæ, per simpliciores, quales sunt 2*da*, 3*tia*, 4*ta*, 9*na*, 12*ma*, 18*va*, 20*ma*, & 24*ta*, prius explanare. Primo igitur, ut inveniatur quomodo colores in 4*ta* & 18*va* observationibus producti fuerint; sumantur in quavis linea recta a puncto Y (*Fig. 6. Tab. II.*) longitudines YA, YB, YC, YD, YE, YF, YG, YH, ea proportione inter se, quam habent inter se radices cubicæ quadratorum numerorum illorum, $\frac{1}{2}$, $\frac{9}{16}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{8}{9}$, 1, quibus repræsentantur chordæ longitudines quæ sonent notas omnes musicas in octava; hoc est, sumantur in proportione numerorum, 6300, 6814, 7114, 7631, 8255, 8855, 9243, 10000. Tum in punctis A, B, C, D, E, F, G, H, erigantur perpendiculares A α, B β, &c. quorum intervallis repræsentanda sit colorum infra ex opposito adscriptorum amplitudo. Denique divide lineam A α ea proportione, quam denotant numeri 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, &c. in punctis divisionis adscripti; perque ista puncta divisionis, duc a puncto Y lineas 1 I, 2 K, 3 L, 5 M, 6 N, 7 O, &c.

Jam si finges A 2 repræsentare crassitudinem tenuis cujusvis corporis pellucidi eam, qua color violaceus extremus copiosissime reflectitur in primo annulo sive serie colorum; HK, ex 13*tia* observatione, repræsentabit ejusdem crassitudinem eam, qua color ruber extremus copiosissime reflectitur in eadem serie. Item, ex observationibus 5*ta* & 16*ta*, A 6 & H N denotabunt crassitudines eas, quibus iidem colores extremi copiosissime reflectuntur in secunda serie; & A 10 ac H Q, crassitudines eas, quibus iidem copiosissime reflectuntur in tertia serie; & sic deinceps. Denique crassitudinem qua quivis colorum intermediorum copiosissime reflectitur, definiet, ex observatione 14*ta*, distantia lineæ A H a linearum 2 K, 6 N, 10 Q, &c., partibus intermediis; quibus videlicet nomina colorum istorum comparate, infra sunt ex opposito adscripta.

Porro autem, ut latitudinem quoque horum colorum in unoquoque annulo sive serie definiamus; repræsentet A 1 crassitudinem minimam, & A 3 maximam, qua color violaceus extremus in prima serie reflectitur; item repræsentent H I & H L, similes terminos coloris rubri extremi; & colorum intermediorum terminos repræsentent similiter partes linearum 1 I & 3 L intermediæ, quibus videlicet nomina colorum istorum infra sunt ex opposito adscripta: & sic deinceps. Veruntamen hæc ita intelligi oportebit, ut reflexiones semper fortissimæ esse ponantur in spatiis mediis 2 K, 6 N, 10 Q, &c.; indeque gradatim ad limites istos 1 I, 3 L, 5 M, 7 O, &c., utroque versus decrescere: in quibus porro limitibus non existimandum est eas distinctis esse terminis definitas, sed deficere indefinite. Cumque unam eandemque latitudinem unicuique seriei tribuerim; id eo factum intelligi velim, quia tametsi colores in prima serie, propter fortiorem eo in loco reflexionem, paulo latiores quam cæteri videantur, tamen ea inæqualitas adeo parva est adeoque sub sensum vix cadit, ut observationibus haud fere possit determinari.

Jam

Digitized by Google

Jam, ex hac deſcriptione; ſi concipies radios, quibus diverſi congeniti ſint colores, vicibus alternis reflecti in ſpatiis 1 I L 3, 5 M O 7, 9 P R 11, &c.; & tranſmitti in ſpatiis A H I 1, 3 L M 5, 7 O P 9, &c.; facile intelligere poteris, quemnam colorem, data quavis corporis tenuis pellucidi craſſitudine, corpus id in aperto aere exhibere debeat. Etenim ſi norma applicetur parallela ad A H, eo intervallo interjecto, quo repræſentetur corporis pellucidi craſſitudo; utique ſpatia alterna 1 I L 3, 5 M O 7, &c., quæ illa ſecabit tranſverſa, deſignabunt colores ſimplices reflexos, ex quibus color, quem ea corporis craſſitudo exhibitura ſit in aperto aere, compoſitus erit. Exempli gratia; ſi viridis in tertia colorum ſerie, qualis ſit, quæratur; appone normam, ut vides, ad $\pi\,\rho\,\sigma\,\varphi$; & quoniam illa tranſit per partem cærulei ad π, & flavi ad σ; æque ac per viridem ad ρ; concludere poteris, colorem viridem quem corpus ea craſſitudine exhibet, conſtare præcipue quidem ex viridi ſimplice, admixtis tamen aliqua portione cæruleo & flavo.

Porro, hoc pacto intelligere poteris, quemadmodum colores a centro annulorum extrorſum eo ſibi ordine invicem ſuccedere debeant, quem in *4ta* & *18va* obſervationibus ſupra deſcripſimus. Etenim ſi normam ab A H gradatim per intervalla omnia transferas: quum per primum tranſierit ſpatium, quod denotat exiguam vel nullam reflexionem a corporibus tenuiſſimis factam; perveniet ea primo ad 1, colorem violaceum; & ſtatim poſt ad cæruleum & viridem, qui una cum violaceo illo conficiunt cæruleum; deinde autem perveniet ad flavum & rubrum, quorum quidem acceſſione cæruleus ille convertitur in alborem; iſque albor permanet, interea dum normæ acies tranſit ab I ad 3; poſtea autem, deficientibus ſingulatim coloribus ex quibus compoſitus erat, convertit is ſeſe primo in flavum compoſitum, deinde in rubrum, & poſtremo ruber ille deficit ad L. Tum incipiunt colores ſecundæ ſeriei; qui itidem ex ordine ſuccedunt, interea dum normæ acies tranſit ab 5 ad O, floridioreſque ſunt quam priores, propterea quod magis dilatati ſunt & ſeparati: quam etiam eandem ob cauſam, loco prioris albitudinis, intervenit jam inter cæruleum & flavum mixtura aurei, flavi, viridis, cærulei atque indici; ex quibus omnibus compoſitus oriri debet viridis nubilus ac dilutus. Similiter colores tertiæ ſeriei ſuccedunt omnes ex ordine: primo violaceus; qui aliquantum intermiſcetur rubro ſecundi ordinis, eoque accedit ad purpureum rubeſcentem: deinde cæruleus & viridis; qui aliis coloribus minus quam ante intermixti ſunt, & proinde magis adhuc floridi evadunt, viridis præſertim: poſtea ſuccedit flavus; cujus pars aliqua propius viridem, diſtincta quidem eſt & bona; pars autem ea quæ ſpectat ad rubrum ſuccedentem, ſicut & ipſe quoque ruber iſte, intermiſcetur violaceo & cæruleo quartæ deinceps ſeriei; ex quibus proinde compoſiti oriuntur varii colores rubri, multum purpuraſcentes. Jam porro violaceo & cæruleo illis quartæ ſeriei, qui rubrum jam dictum ſubſequi deberent, commixtis cum eo in eoque abſconditis; proxime ſuccedit viridis: iſque primo quidem multum deſcendit ad cæruleum; ſtatim autem poſt fit color viridis bonus; utique ſolus ſimplex & floridus color in tota hac quarta ſerie; nam ſimul primum ut ad flavum accedit, intermiſceri incipit coloribus quintæ deinceps ſeriei; quorum utique admixtione, ſuccedentes flavus & ruber valde diluti evadunt ac nubili; flavus præſertim, qui, cum ſit color debilior, vix ſcilicet exhibere ſe queat ſenſu percipiendum. Poſthæc, diverſæ ſeries, earumque colores diverſi, magis magiſque intermiſcentur invicem perpetuo; donec poſt tres vel quatuor amplius ſeries, (in quibus ruber & cæruleus dominantur alterne,) colores omnes omnibus in locis æqua fere portione commiſcentur inter ſe, & albitudinem uſquequaque ſui ſimilem conficiunt.

Quoniam autem, ex *15ta* obſervatione, radii uno colore tranſmittuntur eodem in loco, ubi radii alio colore reflectuntur; hinc cauſa colorum in *9na* & *20ma* obſervationibus lumine tranſmiſſo exhibitorum, fit itidem manifeſta.

Quod ſi jam non modo ordo & ſpecies horum colorum, verum etiam ipſa accurate craſſitudo lamellæ ſive corporis tenuis, qua parte id certum quemvis colorem exhibet, quæ, & quotenarum unciæ partium ſit, quæratur; etiam hoc, per obſer-

vatio-

Digitized by Google

vationes *6tam* & *16tam* definiri poterit. Etenim, ex istis observationibus, crassitudines lamellæ aereæ inter bina vitra interjacentis, qua parte sex priores annuli videbantur luminosissimi, erant $\frac{1}{178000}$, $\frac{3}{178000}$, $\frac{5}{178000}$, $\frac{7}{178000}$, $\frac{9}{178000}$, $\frac{11}{178000}$, partes unciæ. Jam si igitur lumen in istis crassitudinibus copiosissime reflexum sit flavum citrinum clarius, sive confinium flavi ac aurei; utique crassitudines istæ, erunt F λ, F μ, F ν, F ξ, F o, F π. Quo quidem cognito, facillime deinceps intelligi poterit, quamnam aeris crassitudinem repræsentet illa G φ, vel alia quævis distantia normæ a linea A H.

Porro autem, quoniam, ex *10ma* observatione, crassitudo aeris ad crassitudinem aquæ, inter eadem vitra eundem colorem exhibentium, est ut 4 ad 3; item, ex XXI. observatione, non, si mutetur medium circumjectum, mutantur & colores corporum ipsorum tenuium; utique crassitudo bullæ aquæ, qua quivis color exhibeatur, erit $\frac{3}{4}$ crassitudinis aeris eundem colorem exhibentis. Similiter ex iisdem *10ma* & *21ma* observationibus, crassitudo lamellæ vitri, in quo refractionem radiorum mediocriter refrangibilium metitur proportio sinuum 31 & 20, poterit esse scilicet $\frac{20}{31}$ crassitudinis lamellæ aereæ, eundem colorem exhibentium. Idemque de aliis mediis comparate intelligi poterit. Cæterum id hic observatum velim, non affirmare me istam proportionem, quæ est 20 ad 31, similem esse in radiis universis. Habent enim sinus aliorum radiorum alias proportiones. At enim differentia istarum proportionum adeo parva est, ut ejus hic habere rationem non necesse existimem. Hisce igitur positis fundamentis, tabulam sequentem construxi; in qua crassitudo aeris, aquæ, & vitri ea qua quisque color exhibetur clarissimus & purissimus, exprimitur partibus unciæ in decies centies mille partes inter se æquales divisæ.

Crassitudo

Digitized by Google

Craſſitudo coloratarum lamellarum & particularum.

		Aeris.	Aquæ.	Vitri.
Colores ipſarum primæ feriei.	Nigerrimus	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{10}{31}$
	Niger	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{20}{31}$
	Nigreſcens	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{2}{7}$
	Cæruleus	$2\frac{2}{5}$	$1\frac{4}{5}$	$1\frac{11}{20}$
	Albus	$5\frac{1}{4}$	$3\frac{7}{8}$	$3\frac{2}{5}$
	Flavus	$7\frac{1}{9}$	$5\frac{1}{3}$	$4\frac{3}{5}$
	Aureus	8	6	$5\frac{1}{6}$
	Ruber	9	$6\frac{3}{4}$	$5\frac{4}{5}$
Secundæ feriei.	Violaceus	$11\frac{1}{6}$	$8\frac{3}{8}$	$7\frac{1}{5}$
	Indicus	$12\frac{5}{6}$	$9\frac{5}{8}$	$8\frac{2}{11}$
	Cæruleus	14	$10\frac{1}{2}$	9
	Viridis	$15\frac{1}{8}$	$11\frac{2}{3}$	$9\frac{5}{7}$
	Flavus	$16\frac{2}{7}$	$12\frac{1}{5}$	$10\frac{2}{5}$
	Aureus	$17\frac{2}{9}$	13	$11\frac{1}{9}$
	Ruber clarior	$18\frac{1}{3}$	$13\frac{3}{4}$	$11\frac{5}{6}$
	Coccineus	$19\frac{2}{3}$	$14\frac{3}{4}$	$12\frac{2}{3}$
Tertiæ feriei.	Purpureus	21	$15\frac{3}{4}$	$13\frac{11}{20}$
	Indicus	$22\frac{1}{10}$	$16\frac{4}{7}$	$14\frac{1}{4}$
	Cæruleus	$23\frac{2}{5}$	$17\frac{11}{20}$	$15\frac{1}{10}$
	Viridis	$25\frac{1}{5}$	$18\frac{9}{10}$	$16\frac{1}{4}$
	Flavus	$27\frac{1}{7}$	$20\frac{1}{3}$	$17\frac{1}{2}$
	Ruber	29	$21\frac{3}{4}$	$18\frac{5}{7}$
	Ruber ſubcæruleus	32	24	$20\frac{2}{3}$
Quartæ feriei.	Viridis ſubcæruleus	34	$25\frac{1}{2}$	22
	Viridis	$35\frac{2}{7}$	$26\frac{1}{2}$	$22\frac{3}{4}$
	Viridis flaveſcens	36	27	$23\frac{2}{9}$
	Ruber	$40\frac{1}{3}$	$30\frac{1}{4}$	26
Quintæ feriei.	Cæruleus ſubviridis	46	$34\frac{1}{2}$	$29\frac{2}{3}$
	Ruber	$52\frac{1}{2}$	$39\frac{3}{8}$	34
Sextæ feriei.	Cæruleus ſubviridis	$58\frac{3}{4}$	44	38
	Ruber	65	$48\frac{3}{4}$	42
Septimæ feriei.	Cæruleus ſubviridis	71	$53\frac{1}{4}$	$45\frac{4}{5}$
	Albus rubeſcens	77	$57\frac{3}{4}$	$49\frac{2}{3}$

M Jam

Jam si hanc tabulam conferes cum sexto schemate: (*Tab. II.*) invenies ibi constitutionem cujusque coloris; videlicet, ex quibusnam simplicibus coloribus color quisque compositus sit: indeque judicare poteris, quantum perfectus sit quisque eorum, vel imperfectus. Atque hæc quidem sufficiant ad observationes *4tam* & *18vam* explicandas. Nisi forte id amplius postules; ut delineetur, qua forma hi colores inter bina vitra objectiva, quorum alterum alteri superpositum sit, appareant. Quod porro ut fiat; describatur amplus circuli arcus; item linea recta, quæ istum arcum tangat; & parallelæ isti tangenti plures lineæ occultæ, tantis ab tangente interjectis intervallis, quanta denotant numeri coloribus singulis in tabula ex adverso adscripti. Etenim arcus iste, cum sua tangente, repræsentabunt vitrorum superficies, quibus aer interjacens terminetur; & loca, ubi lineæ occultæ arcum secent, ostendent quibusnam a centro vel a puncto contactus interjectis intervallis, color quisque reflectatur.

Cæterum & alii adhuc sunt hujus tabulæ usus. Nam & ejus ope, crassitudo bullæ in *19na* observatione colligebatur ex coloribus quos illa exhiberet. Similiter, particularum corporum naturalium magnitudo, quæ sit, ex coloribus ipsorum colligi poterit; uti infra ostendetur. Item, si duarum tenuium lamellarum altera alteri superponatur, vel adhuc plures ipsarum ita invicem committantur & coeant, ut ex omnibus una fiat lamella, quæ crassitudine par sit universis; ex eadem hac tabula colligi poterit, quisnam inde sit color oriturus. Exempli gratia: Observavit D. *Hookius*, ut in ejus *Micrographia* memoratur, lapidis specularis lamellam quæ esset colore flavo languido, superpositam lamellæ quæ esset colore cæruleo, confecisse colorem purpureum valde saturum. Utique flavus primæ seriei, est flavus languidus; & crassitudo lamellæ quæ istum colorem exhibet, est, ex tabula, $4\frac{1}{5}$: ad quam porro si addas 9, quæ est crassitudo exhibens cæruleum in secunda serie; habebis jam $13\frac{1}{5}$, crassitudinem quæ exhibet purpureum tertiæ seriei.

Jam ut explicemus deinceps observationum *2dæ* ac *3tiæ* phænomena; videlicet, quemadmodum fiat ut annuli colorati (convertendo prismata circa axem suum communem, motu jam contrario ac in istis observationibus dictum est,) convertant se in annulos albos & nigros, & deinde in annulos iterum coloratos, coloribus singulorum annulorum jam inde inverso ordine dispositis: recordandum est annulos istos coloratos dilatari, obliquatione radiorum ad aerem inter vitra interjacentem; istamque dilatationem annulorum, sive productionem diametrorum suarum, evidentissimam & celerrimam (secundum tabulam in *7ma* observatione) tum esse, cum illi obliquissimi sint. Hinc enim hujus rei causa facile intelligitur. Nempe radii flavi, quoniam in prima aeris illius inter vitra interjacentis superficie plus refringuntur quam rubri, fiunt utique eo pacto magis obliqui ad secundam superficiem, a qua reflexi annulos coloratos efficiunt; & consequenter circulus flavus in unoquoque annulo, magis dilatatus esse debet quam ruber; ejusque dilatatio tanto esse major quam rubri, quanto major sit radiorum incidentium obliquitas; donec tandem circulus iste flavus æque sit amplus factus ac ruber in eodem annulo. Similiter, reliqui circuli, viridis, cæruleus, & violaceus, dilatari itidem eo usque debebunt, majori adhuc radiorum obliquitate; ut & hi quoque omnes tandem æqua propemodum amplitudine fiant, hoc est, æquo intervallo a centro annulorum distent, ac ruber. Quo quidem in casu, colores ejusdem annuli coire in unum necesse est universos; suaque omnium permixtione inter se annulum album exhibere. Qui porro annuli albi, annulos nigros obscurosque sibi interjectos habeant oportet; quia jam non expansi sunt utroque, & intermixti invicem, ut prius. Quam quoque eandem ob causam, multo etiam distinctiores fieri debent, & insuper longe majori numero sub aspectum venire. Veruntamen color violaceus; quoniam, obliquissimus cum sit, aliquanto plus, pro amplitudine sua, quam reliqui colores, dilatatur; utique abesse vix poterit, quin in extremis albi marginibus sese prodat.

Post hæc, quoniam adhuc majori radiorum obliquitate, dilatatio violacei & cæ-

rulei

Digitized by Google

rulei adhuc magis exsuperat dilatationem rubri & flavi, adeoque violaceus ille & cæruleus adhuc longius a centro annulorum protenduntur; colores jam deinceps ex albo emergere debebunt ordine contrario, atque ante dispositi erant; nempe violaceus ac cæruleus ab exteriore margine cujusque annuli, & ruber ac flavus ab interiore. Violaceus autem, propter maximam radiorum suorum obliquitatem; cum utique omnium maxime, pro amplitudine sua, dilatetur; apparebit & primus in exteriori cujusque annuli albi margine, & maxime omnium conspicuus. Item diversæ colorum series, ad annulos diversos pertinentes, incipient iterum, explicatu & expansu sui quaquaversum, intermisceri invicem; eoque pacto efficient, ut annuli & minus sint distincti, & minori iterum numero sub aspectum veniant.

Si, loco prismatum, adhibeantur vitra objectiva; annuli, quos illa exhibent, jam non evadent albi & distincti per obliquitatem oculi; propterea quod radii in transitu suo per aerem inter ista vitra interjacentem, ferme paralleli sunt lineis in quibus in vitra primo incidebant; & consequenter radii diversis coloribus, non sunt ad aerem istum alii aliis magis inclinati, quomodo in prismatibus quidem evenit.

Aliud adhuc horum experimentorum adjunctum est, consideratu dignum; qui scilicet fiat, ut annuli albi ac nigri, qui, quum interjecto paulo majori intervallo inspiciantur, distincti apparent; iidem tamen, quum inspiciantur propius, non modo confusi appareant, verum etiam colorem violaceum in utrisque annuli cujusque albi extremitatibus exhibeant. Hujus autem rei causa hæc est. Radii, qui oculum in diversis partibus pupillæ ingrediuntur, diversas habent ad vitra obliquitates; quique maxime obliqui sunt, ii, si soli essent, annulos majores, quam qui minus obliqui sunt, repræsentaturi forent. Hinc orbita annuli cujusque albi expanditur in latitudinem extrorsum per radios maxime obliquos, introrsum autem per radios minime obliquos: eaque expansio tanto fit major, quanto major est radiorum obliquitatis differentia, hoc est, quanto pupilla latior est, aut oculus propius vitra. Violaceus autem expandi debet omnium maxime; quia radii, qui sensum eo colore afficiunt, maxime omnium obliqui sunt secundæ sive posteriori tenuis aeris superficiei, a qua reflectuntur; itemque maximam habent obliquitatis suæ variationem; quo fit ut iste color, omnium citissime ex albi marginibus emergat. Porro autem, prout latitudo cujusque annuli hoc modo augetur, ita nigra ipsorum intervalla diminuantur necesse est, usque dum vicini annuli fiant contigui inter se & commisceantur invicem, primo exteriores, deinde & interiores propius centrum; adeo ut tandem secerni & distingui haud queant amplius, sed plane in albitudinem sui usquequaque consimilem coiisse omnes videantur.

Inter omnes observationes supra memoratas, nulla est quæ tam mira habeat adjuncta, quam XXIV. Præcipue, quod certæ tenues lamellæ, quæ nudo oculo albitudine pellucida, æquabili, & sui usquequaque simili, sine ullis omnino umbrarum vestigiis, videntur; per prisma tamen inspectæ annulos coloratos exhibeant; cum e contrario, prismatis refractione, corpora omnia ea solummodo sui parte apparere soleant coloribus distincta, ubi vel umbris terminentur, vel partes habeant inæqualiter luminosas. Item, quod annuli isti eo modo exhibiti, perquam distincti sint atque albi; cum e contrario, prismatis refractione, corporum omnium species confusæ ac coloratæ exhiberi soleant. Jam vero causam hujus rei, paulum modo si attendas, ita intelligere poteris. Nempe, annuli isti omnes colorati, insunt revera in lamella tum, cum ea nudo oculo inspiciatur; quamvis, propter nimiam orbitarum suarum latitudinem, intermixti sint adeo & confusi inter se, ut albitudinem uniformem & sui usquequaque consimilem conficere videantur: quum autem radii ad oculum per prisma transmittantur; tum orbitæ diversorum colorum, qui insunt in singulis annulis, refringuntur, pro sua cujusque refrangibilitate, aliæ magis, aliæ minus: quo pacto colores ex altera parte annuli, (hoc est, in circumferentia ex altera parte centri ipsius,) magis explicantur & dilatantur; ex altera autem parte, magis, quam antea, complicantur & contrahuntur. Jam vero ubi colores apta justaque refractione eousque contrahuntur, ut diversi annuli angustiores hinc fiant,

quam ut invicem intermixti sint; utique annuli isto in loco distincti apparere debent; & simul albi; si nimirum colores, ex quibus ii compositi sunt, eousque sint contracti, ut in unum plane coierint: atqui ex altera parte, ubi e contrario orbita cujusque annuli, ulteriori explicatu colorum suorum, adhuc latior est facta; ibi is multo jam magis, quam antea, cum aliis annulis commixtus esse debet; & proinde minus esse distinctus.

Quo autem hanc materiam adhuc uberius explicemus; finge circulos concentricos A V & B X, (*Fig. 7. Tab. II.*) repræsentare cujusvis seriei colores rubrum ac violaceum, qui, una cum coloribus intermediis, unum quemvis horum annulorum constituant. Jam quidem si hi circuli per prisma inspiciantur; circulus violaceus B X, majori refractione, transferetur longius e loco suo, quam ruber A V; adeoque ad rubrum istum propius accedet illa in parte circulorum, quam versus refractiones fiunt. Exempli gratia: Si circulus ruber transferatur ad *a v*, violaceus transferri poterit ad *b x*; adeo ut jam propius, quam ante, accedat ad rubrum in parte *x*: Sique ruber transferatur longius ad a v; utique violaceus itidem proportione, tanto ulterius transferri poterit ad b x, ut coeat jam plane cum rubro in x: sique ruber adhuc porro longius transferatur ad α Υ; violaceus itidem, tanto etiam adhuc ulterius transferri poterit ad β ξ, ut jam plane prætervectus sit rubrum in ξ, coeat autem cum eo in *e* & *f*. Quod si hoc idem de aliis quoque coloribus intermediis, æque ac rubro & violaceo; itemque de omnibus colorum istorum seriebus, dictum similiter intelligatur: facile jam percipies quemadmodum colores unius ejusdemque ordinis sive seriei, propinqui facti inter se ad *x v* & Υ ξ, & coeuntes plane ad x v & *e* & *f*, debeant constituere arcus circulorum satis quidem distinctos, maxime ad x v vel ad *e* & *f*; ad *x v* autem, apparere separati; & ad x v albitudinem mutua permixtione conficere; rursumque apparere separati ad Υ ξ; ordine autem contrario, quam quo ante apparuerant, & quam etiamnum apparent ultra *e* & *f*. Verum ex altera parte, ad *a b*, a b, vel α β; colores isti multo etiam magis confusi, quam antea, apparere debent; dilatati nimirum atque diffusi usque adeo, ut coloribus aliorum ordinum intermisceantur. Similisque porro confusio erit colorum ad Υ ξ, inter *e* & *f*; si forte refractio sit valde magna, vel prisma a vitris objectivis valde remotum. Quo quidem in casu nulla pars annulorum sub aspectum veniet, præter duos exiguos arcus ad *e* & *f*; qui porro eo majori intervallo inter se distabunt, quo prisma a vitris objectivis adhuc longius removeatur. Hique exigui arcus distinctiores & albiores esse debent a media sui parte; ab extremitatibus autem, ubi confusi esse incipiunt, insimul colorati esse debent. Item colores in una extremitate cujusque arcus ordine contrario dispositi esse debent, atque in altera; propterea quod in albitudine intermedia decussantur. Nempe extremitates arcuum eæ, quæ spectant ad Υ ξ, erunt rubræ ac flavæ illa sui parte, quæ sit propior a centro; ex altera autem parte cæruleæ ac violaceæ: extremitates autem eæ, quæ in contrarium spectant, erunt e contrario cæruleæ ac violaceæ illa sui parte, quæ sit propior a centro; ex altera autem parte rubræ ac flavæ.

Jam sicut omnia quæ hactenus dicta sunt, ex luminis proprietatibus mathematica deductione consequuntur; ita veritas ipsorum, experimentis insuper manifesta fieri potest. Etenim si in cubiculo tenebricoso inspiciantur per prisma annuli jam dicti, tum quum reflexione diversorum colorum prismaticorum in vitra objectiva singulatim projectorum exhibeantur; quos nimirum colores prismaticos adsistens aliquis transferat huc illuc super parietem vel chartam e qua ad vitra reflectantur, interea dum & oculus spectatoris & prisma oculo applicatum & vitra ipsa objectiva (sicuti in XIII observatione) immota maneant; utique circuli, quos diversi illi colores singulatim exhibebunt, tali inter se positu reperientur collocati comparate, qualem in schematibus *a b x v*, vel a b x v, vel α β ξ Υ, descripsi. Atque eadem quidem ratione, aliarum quoque observationum explicationes, quam veræ & certæ sint, probari & examinari possunt.

Porro, ex iis quæ dicta sunt, similia aquæ quoque & tenuium vitri lamellarum phæno-

phænomena intelligi & explicari poterunt. Verum enimvero in parvis istiusmodi lamellarum fragmentis, illud insuper notatu dignum est; fragmenta ista, si super mensam jacentia circumagantur circa centra sua, interea dum per prisma inspiciantur; fore utique ut in certis positionibus, undatim videantur coloribus distincta; atque eorum alia quidem, undas istas in una duntaxat vel duabus exhibeant positionibus; pleraque autem illas omni in positu, idque per totam fere sui faciem, exhibeant. Nempe ea de causa, quod istiusmodi lamellarum superficies non sint æquate planæ, sed multas habeant partes eminentes, multas lacunosas; qua quidem inæqualitate, utcunque exigua, variatur tamen nonnihil lamellæ crassitudo. Etenim in diversis lateribus lacunarum istarum, propter causas jam ante dictas, exhiberi debent undæ in variis prismatis positionibus. Et quamvis perexiguæ sint quidem & valde angustæ solummodo vitri partes, quæ hujusmodi undas plerunque exhibeant; nihilo tamen minus undæ hæ per totam protensæ vitri faciem videri poterunt; propterea quod etiam ab angustissima istarum partium, colores sunt diversorum ordinum, hoc est diversorum annulorum, confuse reflexi; qui prismatis deinceps refractione explicati, separati, & quaquaversum pro sua cujusque refrangibiliate dispersi, exhibent utique tot undas diversas, quot erant diversi colorum ordines ab ista vitri parte confuse reflexi.

Hæc sunt præcipua tenuium lamellarum sive bullarum phænomena; quorum quidem explicatio pendeat ex luminis proprietatibus supra expositis. Atque hæc quidem phænomena ex proprietatibus istis consequuntur (ut vides) necessario, & conveniunt cum eis, etiam ad minutissimas usque circumstantias. Neque id solum, verum etiam ad eas ipsas vicissim comprobandas conferunt permultum. Exempli gratia: ex XXIV. observatione apparet radios diversorum colorum, tam lamellis sive bullis, quam refractionibus prismatis exhibitorum, suos habere singulos refrangibilitatis gradus: quo quidem pacto radii uniuscujusque ordinis, qui, quum a lamella vel bulla reflectuntur, intermixti sunt confuse radiis aliorum ordinum; separentur ab eis deinceps refractione, & consocientur inter se; adeo ut ordinatim, tanquam totidem arcus circulorum, sub aspectum veniant. Neque enim ullo modo fieri posset, si radii essent omnes ex æquo refrangibiles, ut albitudini isti, quæ nudo oculo sui usquequaque consimilis videtur, refractione tamen partes suæ ita transponerentur, ut inde in albos istos nigrosque arcus ordinatim digestæ apparerent.

Apparet etiam, ex iis quæ dicta sunt, inæquales radiorum dissimilium refractiones, non oriri ex causis irregularibus, quæ casu possint accidere; quales utique sunt venulæ in vitro intersperse; inæqualis quædam vitri facierum politura, vel fortuita occultorum vitri meatuum positio; inæquales & fortuiti quidam motus sive agitationes aeris vel ætheris; diffusio, diffissio, aut divisio unius & ejusdem radii, in multas partes divergentes; aliæve similes causæ. Nam, positis quibusvis ejusmodi irregularitatibus, fieri tamen nullo modo posset ut refractiones annulos antedictos tam valde distinctos tamque distinctis terminis definitos exhiberent, quam faciunt in XXIV. observatione. Necesse est igitur, ut unusquisque radius proprium ac suum semper habeat sibi congenitum refrangibilitatis gradum; cui congruenter, refractio ipsius semper accurate & regulariter efficiatur; itemque diversi radii, diversos habeant refrangibilitatis gradus.

Adhæc, quod de radiorum refrangibilitate dictum est, id de eorum reflexibilitate quoque similiter dictum intelligi poterit; hoc est, de dispositione eorum illa, qua ita comparati sunt, ut alii majore, alii minore tenuium lamellarum sive bullarum crassitudine reflectantur: nempe, illas itidem dispositiones congenitas esse radiis, & immutabiles. Id quod apparet ex observationibus XIII. XIV. & XV. comparatis cum IV. & XVIII.

Ex præmissis observationibus apparet quoque, albitudinem esse mixturam heterogeneam colorum universorum; lucemque esse mixturam radiorum coloribus istis omnibus præditorum. Nam ex eo, quam ingens visa esset multitudo annulorum coloratorum in observationibus III. XII. & XXIV. liquet, quamvis in observationibus

bus IV. & XVIII. non amplius octo aut novem apparerent, tamen revera longe majorem esse ipsorum numerum; qui utique intermiscentur invicem eousque, ut post octonas aut novenas illas series, plane diluti fiant deinceps permixtione sui mutua inter se, & in albitudinem abeant, ad sensus quidem judicium, sui usquequaque consimilem. Quam proinde albitudinem, colorum esse omnium mixturam fatearis necesse est; & lumen, quo ea ad oculum transmittitur, mixturam esse radiorum coloribus istis omnibus præditorum.

Denique, ex XXIV. observatione, apparet, inter colores & refrangibilitatem, mutuum ac perpetuum esse connexum atque responsum: nempe radios maxime refrangibiles, esse violaceos; radios minime refrangibiles, rubros; radiosque coloribus intermediis, intermediis esse comparate refrangibilitatis gradibus. Item ex observationibus XIII. XIV. & XV. comparatis cum IV. vel XVIII. apparet inter reflexibilitatem quoque & colores, similem esse connexum atque responsum perpetuum: nempe colorem violaceum, iisdem positis cæteris omnibus circumstantiis, reflecti in minimis crassitudinibus cujusvis tenuis lamellæ vel bullæ; colorem rubrum, in maximis crassitudinibus; coloresque intermedios, in intermediis comparate crassitudinibus. Ex quo efficitur, colorificas itidem radiorum qualitates, congenitas esse atque immutabiles: & consequenter omnes omnium colorum species, quæ sint uspiam in rerum universitate, oriri utique non ex physica ulla mutatione, quam refractio aut reflexio efficiat in lumine; sed solummodo ex variis mixturis aut separationibus radiorum, refrangibilitate sua diversa vel reflexibilitate effectis. Atque hac quidem ratione, scientia colorum fit theoria tam vere mathematica, quam alia ulla pars Optices: eatenus videlicet, quatenus colores ex luminis ipsius natura pendeant, neque oriantur immutenturve imaginationis vi, aut oculorum percussu vel compressu.



OPTI-

Digitized by Google

OPTICES

LIBER SECUNDUS.

PARS TERTIA.

De permanentibus corporum naturalium coloribus ; & analogia quæ est inter eos colores, & colores tenuium laminarum pellucidarum.



PErvenimus jam ad aliam instituti nostri partem; videlicet ut in id deinceps inquiramus, quæ sit inter tenuium laminarum pellucidarum & aliorum omnium corporum naturalium phænomena, similitudinis proportio. Ac de hisce quidem corporibus jam supra illud statuimus; diversis ea coloribus ita apparere, prout radiis hos vel illos colores sibi congenitos habentibus, copiosius quam aliis omnibus reflectendis, natura apta sint facta & constituta. Naturæ autem ipsorum constitutio illa ac ratio intima, qua nimirum ita sunt comparata, ut radios alios copiosius quam alios reflectant; ea demum quæ sit, adhuc inquirendum restat. Hocque in sequentibus propositionibus jam deinceps exponere conabor.

PROPOSITIO I.

Eæ corporum pellucidorum superficies plurimum luminis reflectunt, quæ vim refringentem maximam habent; hoc est, quæ inter talia interjectæ sunt media, quorum densitates refractivæ inter se maxime differunt. Et in confinibus mediorum æqualiter refringentium nulla est reflexio.

QUAM magna sit inter reflexionem & refractionem analogia, ex eo apparere poterit, quod, cum lumen ex uno medio transeat oblique in aliud, quod quidem radios refringat a perpendiculari; quo major est mediorum istorum densitatis refractivæ differentia, eo minor ad totalem reflexionem faciendam postuletur obliquitas incidentiæ. Etenim quam proportionem habent inter se sinus, qui refractionem metiuntur; eandem habet sinus incidentiæ is, ubi totalis incipit reflexio, ad semidiametrum circuli: Et consequenter angulus incidentiæ is, ubi totalis incipit reflexio, minimus tum est; cum sinus, qui refractionem metiuntur, differunt maxime inter se. Exempli gratia: In transitu luminis ex aqua in aerem, ubi refractionem metitur ratio sinuum 3 ad 4; totalis reflexio tum incipit, cum angulus incidentiæ sit graduum 48, 35′. In transitu luminis ex vitro in aerem, ubi refractionem metitur ratio sinuum 20 ad 31; totalis reflexio tum incipit, cum angulus incidentiæ sit graduum 40, 10′. Et similiter, in transitu luminis e crystallo, vel e mediis adhuc magis refringentibus in aerem; ad totalem faciendam reflexionem, adhuc minor obliquitas postulatur. Quæ itaque superficies maxime refringunt; eæ citissime id omne lumen, quod sibi incidat, reflectunt; & consequenter vim reflectentem maximam habere dicantur, necesse est.

Verum propositionis hujusce veritas adhuc amplius inde apparere poterit, quod in superficie interjacente bina quævis media pellucida, (qualia sunt aer, aqua, oleum, vitrum, crystallus, vitra metallica, vitra Islandica, arsenicum album pellucidum, adamantes, &c.) reflexio semper fortior aut debilior sit pro eo, ac superficies ista vim refringentem majorem minoremve habeat. Sic enim in confinio aeris & salisgemmæ,

gemmæ, fortior est reflexio quam in confinio aeris & aquæ; in confinio aeris & vitri vel cryſtalli, adhuc fortior; & in confinio aeris atque adamantis, adhuc uſque fortior. Siquod horum vel his ſimilium corporum ſolidorum pellucidorum, in aquam immerſum ſit; ejus reflexio multo, quam ante, languidior fit; atque etiam adhuc languidior, ſi id immerſum ſit in oleum vitrioli vel ſpiritum terebinthi rectificatum, utique liquores adhuc fortius refringentes. Si aqua in binas partes ſuperficie quavis imaginaria diſtinguatur; reflexio in binarum iſtarum partium confinio plane eſt nulla. In confinio aquæ & glaciei reflexio admodum exigua eſt; in aquæ & olei, aliquanto major; in aquæ & ſalis gemmæ, adhuc major; in aquæ & vitri aut cryſtalli aliorumve corporum denſiorum, etiam adhuc major; nimirum pro eo, quantum media illa vi refringente inter ſe differant. Hinc in confinio vitri & cryſtalli, languida debet eſſe reflexio; & in confinio vitri communis ac vitri metallici, fortior: quanquam hoc quidem nondum probavi experiundo. At vero in confinio duorum vitrorum denſitate inter ſe æqualium & parium; nulla eſt reflexio, quæ quidem ſenſu percipi queat; id quod in prima ſupra obſervatione oſtendimus. Idem autem ſimiliter intelligi debet de ſuperficie quæ interjaceat binas cryſtallos, vel binos liquores, vel bina quævis corpora, in quorum utique confinio nulla fiat refractio. Efficitur igitur in univerſum, ut cauſa quamobrem media pellucida uniformia, (qualia ſunt aqua, vitrum, aut cryſtallus,) nullam habeant reflexionem, quæ quidem ſenſu percipi poſſit, præterquam in externa ſua ſuperficie, ubi aliis mediis denſitate a ſe differentibus adjacent, hæc ſit nimirum; quod partes ipſorum contiguæ inter ſe, una eademque ſint omnes denſitate.

PROPOSITIO II.

Partes minimæ corporum naturalium fere omnium ſunt aliquo modo pellucidæ. Et opacitas iſtorum corporum oritur ex multitudine reflexionum, quæ in interioribus ipſorum partibus fiant.

OBſervatum fuit hoc antea ab aliis; & facillime concedetur ab iis, qui microſcopiis tractandis aſſueti fuerint. Porro autem probari etiam poterit amplius, apponendo quodlibet corpus ad foramen per quod aliquid luminis in cubiculum tenebricoſum tranſmittatur. Etenim quantumvis opacum id corpus in aperto aere videatur, eo tamen pacto pellucidum videbitur manifeſto; ita ſcilicet, ſi ſatis tenue fuerit factum. Excipienda ſolummodo ſunt corpora metallica alba: quæ propter nimiam denſitatem reflectere videntur fere id omne lumen, quod in primam ipſorum ſuperficiem incidat; niſi cum in menſtruis diſſolvendo, comminuta ſint in particulas perquam exiguas; quo quidem in caſu, & ipſa quoque ſimiliter evadunt pellucida.

PROPOSITIO III.

Inter corporum opacorum & coloratorum partes, multa interjacent ſpatia, vel vacua, vel mediis, quæ denſitate ab iſtis partibus differant, repleta. Sic inter particulas, quibus liquor quivis imbuitur & tingitur, interjacet aqua; inter globulos aquæ, ex quibus nubes & nebulæ conſiunt, interjacet aer; & inter corporum durorum partes, interjacent ſpatia, vacua plerunque tum aeris tum aquæ; fortaſſe tamen non omnis materiæ vacua.

HUjuſce veritatem evincunt propoſitiones duæ præcedentes. Nam, per prop. II. multæ ſunt reflexiones in interioribus corporum partibus factæ: Hoc autem, per prop. I., non fieret, ſi utique partes ipſorum prorſus eſſent contiguæ, ſine ullis interjectis iſtiuſmodi intervallis; etenim omnes reflexiones fiunt in ſuperficiebus, quæ interjectæ ſint mediis denſitate inter ſe differentibus, per prop. I.

Sed

Digitized by Google

Sed præterea, hanc interruptionem partium, præcipuam esse causam quamobrem corpora sint opaca, inde etiam apparere poterit, quod corpora illa omnia opaca statim pellucere tum incipiunt, cum forte occulti ipsorum meatus repleti sint materia aliqua, quæ partibus ipsis par sit vel fere par densitate. Sic charta, in aquam vel oleum intincta; lapis, qui dicitur oculus mundi, in aqua maceratus; lintea, oleo vel vernigine illita; aliaque permulta corpora in istiusmodi liquoribus immersa, qui occultos ipsorum meatus intime pervadant; fiunt eo pacto magis, quam ante, pellucida. E contrario, corpora ea, quæ sunt maxime pellucida, poterunt, vel occultorum suorum meatuum evacuatione, vel partium suarum separatione, satis opaca evadere. Sic sales, vel charta madida, vel oculus mundi lapis, cum sint exsiccata: cornu, radulanum: vitrum: cum in pulverem redactum sit, vel etiam rimas modo egerit: resina terebinthina & aqua pluvia, simul agitatæ, donec quadantenus commixta sint: denique aqua ipsa, cum in multas bullulas tensa sit; idque vel sola, in speciem spumæ; vel simul agitata cum oleo terebinthino, olivo, aliove aliquo liquore commodo, quocum illa non commiscebit se penitus: opaca fiunt. Porro ad opacitatem horum corporum adhuc amplius adaugendam, confert nonnihil & illud; quod, ex XXIII. observatione, reflexiones corporum pellucidorum admodum tenuium, multo sunt fortiores, quam eorundem corporum paulo crassiorum.

PROPOSITIO IV.

Quo corpora opaca esse queant, & colorata; partes ipsorum, itemque earum intervalla, debent non esse minora quam certæ cujusdam & definitæ magnitudinis.

ETenim corpora omnium opacissima, si partes ipsorum in summam usque tenuitatem comminuantur, (ut metalla in menstruis acidis dissoluta,) evadunt continuo plane perfecteque pellucida. Item recordari poteris, in VIII. observatione, binas vitrorum objectivorum superficies, ubi valde essent propinquæ, quamvis non contingerent prorsus inter se, tamen nullam ibi reflexionem fecisse, quæ quidem sensu percipi posset. Et, in XVII. observatione, reflexionem in aquæ bulla, qua parte ea tenuissima erat facta, vix sensu, an esset omnino aliqua, percipi potuisse; adeo ut, defectu luminis reflexi, maculæ valde nigræ in vertice bullæ apparerent.

Atque hisce quidem causis comperio aquæ, salis, vitri, lapidum, aliorumque id genus corporum, tribuendam esse pelluciditatem. Multa enim me movent ut credam, corpora ea ita utique esse constituta, non ut pauciores interjectos habeant partibus suis meatus occultos, quam habent alia corpora; sed ut partes ipsorum, earumque intervalla, minores sint scilicet quam quæ reflexiones in communibus superficiebus suis efficere queant.

PROPOSITIO V.

Pellucidæ corporum partes, pro varia sua crassitudine, reflectunt radios uno colore, & transmittunt radios alio colore; eisdem de causis, ac tenues lamellæ sive bullæ reflectunt vel transmittunt radios istos comparate. Atque huic quidem causæ, corporum omnium colores omnes attribuendos existimo.

ETenim si cujusvis materiæ lamella tenuis, quæ, cum æquabili sit undique crassitudine, tota uno eodemque sui usquequaque consimili colore videtur; fingatur deinceps vel in fila dissecari, vel in fragmenta disrumpi, quæ ejusdem sint omnia crassitudinis, ac ipsa lamella: equidem nihil causæ video, quin unumquodque filum sive fragmentum, suum usque conservet colorem; & consequenter ex istiusmodi filorum sive fragmentorum congestu, conflat acervus pulveris, qui sit totus

Digitized by Google

eodem colore, ac erat ipsa lamella ante confringendum. Jam vero partes corporum omnium naturalium, sunt tanquam totidem fragmenta tenuis lamellæ. Debent igitur hæ similiter eisdem de causis, eosdem colores exhibere.

Rem autem hanc revera ita se habere, apparere poterit ex mira proprietatum similitudine & conjunctione, quæ partibus corporum naturalium cum fragmentis tenuium lamellarum intercedit. Utique pulchre coloratæ avium quarundam, & præsertim caudarum pavoniarum, plumæ, una eademque sui parte colores varios exhibent, pro varia oculi positione; simili prorsus ratione, ac fecerunt tenues lamellæ in observationibus VII. & XIX.. Et proinde plumarum istarum colores, oriuntur ex tenuitate parvorum capillamentorum, quæ majoribus plumarum ramulis sive fibris lateralibus adnascuntur. Eodem spectat, quod aranearum quarundam telæ, utique valde subtiles ac tenues, multicolores fuerint visæ; (uti nonnulli observarunt) & fila serica quædam colorata, pro varia oculi positione, varietate videantur versicolori. Porro, pannus bombycinus, & laneus, aliaque id genus corpora, in quæ aqua vel oleum intime penetrare potest, colorem obscuriorem fuscioremque trahunt, cum in liquores istos immersa fuerint; rursum autem, simul ut exsiccata sint, colorem suum clariorem recuperant; utique eadem fere ratione, ac tenues lamellæ in observationibus X. & XXI.. Adhæc, bracteæ auri, vitra quædam picta, infusio ligni nephritici, & alia corpora nonnulla, colorem unum reflectunt, alium transmittunt; similiter ac tenues lamellæ in observationibus IX. & XX.. Denique pulveribus quibusdam coloratis, quibus utuntur pictores, colores sui multa atque elaborata tritura immutari possunt nonnihil: qua equidem in re, nihil plane causæ video, cui ea colorum mutatio attribui queat, præterquam particularum comminutioni inter conterendum; eodem modo, ac color tenuis lamellæ, pro crassitudinis suæ variatione, immutatur. Quam sane eandem ob causam, plantarum quoque & herbarum flores colorati, pellucidiores plerunque evadunt contundendo; aut aliquo saltem modo colores suos immutant. Nec minus eodem facit, quod ex diversorum liquorum permixtione, certæ colorum species permiros interdum ac notatu dignissimos ortus atque mutationes habeant: quorum quidem causa nulli rei verisimilius & rationi congruentius attribui potest, quam quod corpuscula salina, quæ insunt in uno liquore, agant varie in corpuscula colorata alterius, vel coalescant cum illis; adeo ut illa inde adaugeantur vel extenuentur, (quo non modo magnitudo, verum etiam densitas ipsorum immutari potest,) vel dividantur in corpuscula adhuc minora, (quo liquor, qui fuerat coloratus, poterit pellucidus evadere) vel consocientur complura inter se, & in grumulos coalescant, (quo ex binis liquoribus pellucidis, confieri poterit liquor coloratus.) Etenim videmus quam facile menstrua ejusmodi salina, penetrent & dissolvant corpora ad quæ applicentur; atque etiam alia eorum id præcipitent, quod alia dissolverint. Similiter, si varia atmosphæræ phænomena considerabimus; observare poterimus vapores, quum quidem primum suscitantur, non impedire quominus pellucidus sit aer; comminutos quippe in particulas exiguiores, quam quarum superficies ullam efficere possint reflexionem: verum quum ad pluviæ guttas constituendas, coalescere demum & in globulos coire cœpti sint magnitudinum omnium intermediarum; tum utique ex globulis istis ea magnitudine factis, qua colores alii reflectantur, alii transmittantur, posse confieri scilicet nubes variis coloribus, pro varia globulorum, ex quibus compositæ sunt, magnitudine. Nec equidem video in aqua, tam pellucida videlicet, quid possit aliud inesse, cui horum colorum causa possit cum ulla veri similitudine attribui; præter varias fluidarum ipsius & globosarum particularum magnitudines.

PRO-

Digitized by Google

PROPOSITIO VI.

Corporum partes, ex quibus colores ipsorum pendent, densiores sunt quam medium, quod intervalla earum permeat.

APparet hoc ex eo, quod color cujusvis corporis pendet non modo ex illis radiis, qui ad perpendiculum in partes ejus incidant; verum ex illis etiam, qui aliis omnibus angulis in easdem incidant. Nam ejusmodi quidem color reflexus: si utique corpus sive particula tenuis, rarior esset quam medium circumjectum; quavis scilicet vel exigua obliquitatis mutatione, (secundum VII. observationem) immutaretur & ipse: adeo ut istiusmodi particula, in diversis radiorum incidentium obliquitatibus, colores prorsus omnes reflexura foret, tanta sane varietate, ut color oriturus demum unus ex omnibus illis, confuse nimirum ex acervo istiusmodi particularum reflexis, deberet potius albus aut leucophæus esse quam alius ullus color, aut saltem valde imperfectus esse ac nubilus. Atqui e contrario; si corpus sive particula tenuis, multo densior sit quam medium circumjectum; jam colores (secundum XIX. observationem) adeo parum immutabuntur variatione obliquitatis, ut radii qui reflectuntur minus oblique, prævalere inter cæteros ac dominari queant in tantum, ut totum istiusmodi particularum acervum suo colore saturate infectum exhibere possint.

Porro, ad confirmandam hanc propositionem confert nonnihil & illud; quod, ex XXII. observatione, colores quos exhibet corpus tenue densius in rariori conclusum, floridiores sint quam quos exhibet rarius conclusum in densiori.

PROPOSITIO VII.

Magnitudo partium, ex quibus corpora naturalia constant, quæ sit, ex coloribus ipsorum conjici potest.

ETenim cum partes horum corporum, per prop. 5, easdem, (uti veri quidem simillimum est) colores exhibeant, ac lamella pari crassitudine, modo eadem utræque sint densitate refractiva; habeant autem hæ partes, uti multis quidem ex rebus facillime colligi videtur, densitatem plerunque fere eandem, ac aqua aut vitrum; utique magnitudines ipsarum definiri poterunt ex tabulis præmissis, in quibus, qua crassitudine quemvis colorem exhibeat aqua aut vitrum, expressum habes. Exempli gratia: Si quæratur quanta sit diametro particula cujusvis corporis, quæ, si vitro par sit densitate, reflectat colorem viridem tertii ordinis; ostendit numerus $16\frac{1}{4}$, esse eam $\frac{16\frac{1}{4}}{1000000}$ partes unciæ.

Tota hujus rei difficultas in eo fere posita est, cujusnam ordinis censendus sit corporis alicujus color. Id autem ut inveniamus, recurrendum erit ad observationes IV. & XVIII.; unde colligi poterunt hæ, quæ sequuntur, conclusiones.

Colores coccinei, aliique rubri, item aurei & flavi, si puri sint & largi, erunt (uti vero quidem simillimum est) secundi ordinis. Qui sunt primi & tertii ordinis, poterunt etiam satis esse boni; nisi quod flavus primi ordinis, sit languidus; & aureus ac ruber tertii ordinis, permultum sibi admixtum habeant violacei ac cærulei.

Colores virides poterunt esse boni, quarti ordinis; at qui tertii sunt ordinis, erunt purissimi. Atque hujus quidem ordinis esse videtur color herbidus omnium plantarum: partim, quia colores ipsarum largi sunt ac saturi; partim quia ipsæ, cum marcescunt, convertunt se aliæ in colorem flavum subviridem, aliæ in flavum clariorem, vel aureum, vel etiam rubrum, intervenientibus nimirum coloribus omni-

Digitized by Google

mnibus intermediis ante dictis. Quæ utique mutationes effici videntur exhalatione succi; unde videlicet particulæ coloratæ, densiores potuerint esse factæ, atque etiam auctæ nonnihil accretione oleosarum atque terrestrium partium succi. Jam vero color viridis plantarum, sine dubio ejusdem est ordinis, ac colores illi in quos ipse se immutat; quia mutationes eæ fiunt gradatim. Colores autem isti, quamvis plerunque non admodum saturi, saturiores tamen sæpe floridioresque sunt, quam ut quarti possint ordinis esse.

Colores cærulei & purpurei, poterunt esse vel secundi vel tertii ordinis; at purissimi qui sunt, ordinis erunt tertii. Exempli gratia: Color violarum, ejus videtur esse ordinis; quia illarum syrupus, admixtione liquorum acidorum, convertit se in colorem rubrum; urinosorum autem vel alkalizatorum, in viridem. Etenim, cum corporum acidorum sit, dissolvere sive extenuare; alkalizatorum autem, præcipitare sive incrassare; utique si color purpureus hujus syrupi esset secundi ordinis, jam futurum esset ut liquor acidus, extenuando particulas ejus coloratas, converteret eum in colorem rubrum primi ordinis; alkalizatus autem, incrassando particulas ejus, converteret eum in colorem viridem secundi ordinis: at enim istorum ordinum colores ruber & viridis, præsertim viridis, minus perfecti esse videntur, quam sunt colores hisce mutationibus producti. Jam vero igitur, si color ille purpureus ponatur tertii esse ordinis; mutatio ipsius in rubrum secundi ordinis, & viridem tertii, satis commode poterit existimari.

Siquod reperiatur corpus colore purpureo saturiori & minus rubescente, quam violarum; verisimillimum est, ejus colorem secundi esse ordinis. Veruntamen, quoniam nullum corpus est vulgo notum, cujus color sit perpetuo saturior, quam illarum; visum est mihi vocabulo a violis deducto, significare colores purpureos saturatissimos minimeque omnium rubescentes, quamvis ii super ipsarum violarum colorem manifesto excellant puritate.

Color cæruleus primi ordinis, quamvis languidus admodum & exiguus, poterit tamen in aliquibus fortasse corporibus se exhibere; nominatim, color cæruleus cœli sereni, hujus ordinis esse videtur. Etenim vapores omnes, cum condensari & in exiguas particulas coalescere incipiunt, ea primum fiunt magnitudine, qua illiusmodi color cæruleus reflecti debeat; antequam se in nubes, quæ sint aliis coloribus, induere possint. Ac proinde color iste, cum sit primus quem vapores reflectere incipiunt, debet utique cœli esse color sudi ac serenissimi; in quo scilicet vapores nondum eo excreverint crassitudinis, ut colores alios reflectere queant: id quod re comprobat experientia.

Albor, si clarissimus sit ac luminosissimus, primi erit ordinis; si minus fortis & luminosus, mixtura erit colorum omnium ordinum. Hujus posterioris generis est albitudo spumæ, chartæ, linteorum, & plurimorum corporum alborum: prioris esse generis existimo metalla alba. Etenim cum aurum, metallorum omnium densissimum, si in bracteas ductum sit, pelluceat; metallaque omnia, si in menstruis dissoluta sint vel vitrificata, itidem pelluceant; utique opacitas metallorum alborum, non oritur ex densitate eorum sola. Futurum omnino sane esset, ut hæc metalla, cum sint auro minus densa, forent itidem magis pellucida; nisi ad ea opacanda conspiraret insuper, cum densitate ipsorum, alia quædam causa. Eam autem causam existimo esse particularum suarum magnitudinem talem, qua illæ ad alborem primi ordinis reflectendum aptæ sint factæ. Etenim siquo forte pacto acciderit, ut illæ aliis factæ sint magnitudinibus; poterunt & alios colores reflectere. Id quod evincunt colores, qui nonnunquam in candefacto chalybe inter temperandum apparent, & nonnunquam etiam in superficie metallorum fusorum sese exhibent, nempe in scoria sive cuticula illa, quæ metallis inter frigefaciendum adnascitur. Præterea autem, ut albor primi ordinis, fortissimus est qui corporum pellucidorum lamellis reflecti possit; ita fortior esse debet in densiori materia metallorum, quam in rariori aeris, aquæ, & vitri. Nec equidem quicquam video, quin corpuscula metallica ea crassitudine, qua albori primi ordinis reflectendo apta sint,

pos-

Digitized by Google

possint, propter magnam suam densitatem, (secundum proportionem primæ propositionis ,) lumen id omne quod sibi inciderit reflectere , eoque tam opaca tamque splendentia fieri, ut nihil possit supra . Utique aurum ipsum , vel cuprum ; admixto argento , vel stanno , vel regulo antimonii , infra portionem dimidiam pondo , fusum ; vel amalgamatum , ut loquuntur , cum argenti vivi paululo , album fit . Ex quo apparet , & particulas metallorum alborum multo plus habere superficiei , adeoque exiguiores esse , quam auri vel cupri ; itemque eas tam esse opacas , ut particulas auri vel cupri trans se interlucere non permittant . Jam quidem colores auri & cupri , quin secundi sint ordinis tertiive , dubitari haud potest : fieri itaque nequit, ut particulæ metallorum alborum multo sint majores, quam necessarium est quo eæ alborem primi ordinis reflectere possint . Ne multo sint majores , evincit quidem ipsa argenti vivi natura admodum volatilis: neque vero, e contrario, multo minores tamen esse debebunt ; ne opacitatem suam amittant ; & vel pellucidæ fiant : ut quum vitrificando aut in menstruis dissolvendo extenuatæ fuerint; vel nigræ evadant , ut quum comminutæ fuerint, atterendo nimirum argentum vel stannum vel plumbum aliis quibusvis corporibus ad lineas nigras inducendas . Utique primus & solus color , quem metalla alba comminutione particularum suarum induunt , est nigror: ac proinde albor ipsorum is esse debet , qui confinis est maculæ nigræ in centro annulorum coloratorum ; hoc est , albor primi ordinis . Veruntamen si hinc colligere velis , quanta sit particularum metallicarum magnitudo ; habenda erit ratio densitatis ipsarum . Etenim si argentum vivum pellucidum esset ; densitas ejus tanta est, ut sinus incidentiæ in id, (quomodo ego quidem calculum posui) foret ad sinum refractionis suæ , ut 71 ad 20 , vel 7 ad 2 . Quamobrem particulæ ejus, quo colores eosdem ac aquæ bullæ exhibere queant, debent esse minus crassæ quam cuticula istarum bullarum, ea proportione quæ est 2 ad 7. Unde fieri sane potest, ut particulæ argenti vivi prorsus tam sint exiguæ , quam particulæ liquorum quorundam volatilium pellucidorum ; & tamen alborem primi ordinis reflectant

Denique , ad nigrorem exhibendum , particulæ adhuc minores esse debent omnibus illis , quæ colores cujuscunque modi exhibent . Nam particulæ omnes majusculæ , plus reflectunt luminis , quam ut nigræ possint videri . Verum si paululo minores esse ponantur , quam satis sit ad reflectendum album & cæruleum languidum primi ordinis ; jam , ex observationibus IV. VIII. XVII. & XVIII. , reflectent tam pusillum luminis, ut & valde nigræ appareant , & tamen lumen varie refringant fortasse intra se usque eo , donec id restinguatur penitus & intercidat ; quo pacto ipsæ in omnibus oculi positionibus nigræ , sine ulla pelluciditate , videantur . Atque hinc quidem intelligi potest qui fiat , ut ignis , & , adhuc subtilior illa rerum dissolutrix , putredo , utique dividendo particulas corporum , nigra omnia efficiant : item exiguæ admodum corporum nigrorum portiones corpora alia , ad quæ applicentur , colore nigro facillime & copiose inficiant ; minutissimis nimirum horum corporum particulis , quæ est ingens earum multitudo , facillime se in crassiores aliorum corporum particulas superinducentibus : item vitrum cum arena super lamina cuprea enixius attritum , usquedum id perpolitum fiat ; reddat & arenam , & simul intertrimentum vitri ac cupri , valde nigra : item corpora nigra, in lumine Solis , omnium facillime calefiant & comburantur , (qui quidem effectus partim ex multitudine refractionum in angusto spatio factarum , partim ex faciliori particularum tam exiguarum commotione , oriri potest ;) & denique qui fiat , ut corpora nigra plerunque ad colorem subcæruleum accedant aliquantum ; (id enim revera ita se habere , apparere poterit ex eo , quod charta alba , illuminata lumine a corporibus nigris reflexo, colore albo subcæruleo plerunque videatur :) hoc autem inde fit , quod nigror confinis sit cæruleo obscuro primi ordinis in observatione XVIII. descripto ; ac proinde plures radios qui sint illo, quam alio ullo colore, reflectat.

In hisce descriptionibus , res singulatim & enucleatius expendere volui ; propterea

Digitized by Google

rea quod fieri forte poterit aliquando, (si non etiam nunc quadantenus id effectum sit) ut microscopia eo perfectionis perducantur, ut discerni in illis queant particulæ corporum eæ, ex quibus colores ipsorum pendeant. Etenim si microscopia vel jam sunt, vel posthac poterunt esse eo perfectionis perducta, ut corpora objecta satis distincte repræsentare queant quingentis vel sexcentis partibus ampliora, quam quanta nudis oculis, intervallo pedis unius objecta, apparere solent; equidem sperem futurum, ut grandiores particularum illarum, ex quibus colores corporum pendent, discernere possimus. Quinimo si construi queat microscopium, quod corpora objecta ad ter vel quater millies vero ampliora exhibeat; possint fortasse eæ omnes oculis cerni particulæ, exceptis quæ nigrorem efficiant. Interea nihil video ullius quidem momenti in hac materia, quod in dubium juste vocari queat; nisi id forte dubitationem aliquam habere videatur, quod statuerim particulas pellucidas, quæ eadem crassitudine & densitate sint ac tenuis lamella, exhibere utique & eosdem colores. Jam vero hoc laxe quodammodo accipi velim; tum quia particulæ istæ possunt figuris esse irregularibus, multique radii oblique in eas incidant necesse est, adeoque per eas breviori trajectu, quam secundum diametros ipsarum, transmitti debeant; tum quia medii intra istiusmodi particulas coarctati & undique anguste contenti, motus fortasse aliæve qualitates, ex quibus reflexio pendeat, coarctatione illa immutari possunt nonnihil. Et tamen hanc posteriorem causam non equidem multum suspicari possum; cum observaverim parvas quasdam lamellas lapidis specularis, quæ æquabili essent crassitudine, per microscopium inspectas, colorem eundem a marginibus & angulis suis, ubi inclusum medium terminabatur, ac in aliis sui partibus exhibuisse. Verum, utcunque id sit, permultum nobis ad dubitationem omnem tollendam conferet, si particulæ jam dictæ microscopiis tandem discerni queant. Quod fieri si poterit aliquando, metuo equidem ut unquam sensus videndi possit inde ulterius penetrare. Videtur enim fieri nullo modo posse, ut cernamus secretiora & nobiliora opera naturæ intra ipsas particulas; utique propter nimiam pelluciditatem lumen omne in interioribus sui partibus transmittentes.

PROPOSITIO VIII.

Reflexionis causa non attribuenda est impactioni luminis in partes corporum solidas sive impervias quomodo usque antehac creditum fuit.

APparebit hoc ex sequentibus considerationibus. Primo, In transmissu luminis e vitro in aerem, reflexio fit æque fortis, ac in transmissu ejus ex aere in vitrum; imo vero, fortior aliquanto; multoque etiam adhuc fortior, quam in transmissu ejus e vitro in aquam. Jam quidem aerem partes lumini fortius reflectendo aptas, quam aquam aut vitrum, habere; id vero nullam habet similitudinem veri. Neque tamen, si illud ipsum fingi utique posset, quicquam omnino inde porro conficeretur. Nam quum aer omnis submotus sit a posteriore vitri superficie, (puta in machina pneumatica, ab *Ottone Guericko* inventa, & a nostrate D. *Boyleo* ad majorem utilitatem perfecta;) reflexio tamen fit æque fortis, vel etiam fortior aliquanto, quam antequam is submoveretur.

Secundo, Si lumen inter transeundum e vitro in aerem, incidat obliquius quam in angulo graduum 40 vel 41, reflectitur id in totum; sin incidat minus oblique, transmittitur utique maximam partem. Jam quidem animo & cogitatione fingi non potest; lumen, uno quodam obliquitatis gradu, satis quidem multos in aere offendere posse meatus, per quos id maximam plane partem transmittatur; & tamen alio obliquitatis gradu, prorsus in nil nisi partes solidas incurrere, quibus id totum reflectatur: præsertim cum in transeundo quidem contra ex aere in vitrum, quantumvis oblique id incidat, inveniat tamen in vitro satis multos meatus, per quos magna ex parte transmittatur. Siquis porro hic illud sibi fingere volet; lumen non utique ab aere, sed ab extremis vitri partibus, in ipsa superficie ejus sitis, reflecti; dif-

Digitized by Google

difficultas tamen eadem manebit: præterquam quod ea ſuppoſitio neque intellectu capi poteſt, atque etiam plane falſa eſſe inſuper apparebit, ſi aqua modo, loco aeris, poſt vitrum aliqua in parte apponatur. Etenim eo pacto; quum idonea ſit facta obliquitas radiorum, puta graduum 45 vel 46, qua nimirum ii reflectantur omnes illo in loco, ubi aer vitro adjaceat; utique tranſmittentur magnam quidem partem altero in loco, ubi vitro adjaceat aqua. Ex quo apparet, reflexionem vel tranſmiſſum radiorum, non ex impactione ipſorum in partes vitri, ſed ex conſtitutione aeris & aquæ poſt vitrum jacentis, pendere.

Tertio, Si colores, quos radius luminis per priſma ad foramen in cubiculo tenebricoſo poſitum trajectus exhibeat, incidant deinceps ſuo quiſque ordine in aliud priſma majori interjecto intervallo ita collocatum, ut id eos omnes conſimili obliquitate excipiat; utique ſecundi illius priſmatis ad radios ſibi incidentes ea poterit eſſe facta inclinatio, ut radii cærulei inde reflectantur univerſi, & tamen rubri (eadem plane obliquitate incidentes) ſatis copioſe tranſmittantur. Jam, ſi reflexio efficiatur impactione radiorum in partes aeris aut vitri; id mihi exinde oſtendas velim, qui fiat ut, cum radii omnes una eademque obliquitate incidere ponantur; cærulei quidem ſe in partes iſtas impingant univerſi, adeoque omnes reflectantur; & tamen rubri eodem loci in ſatis multos meatus incurrant, quo tranſmittantur plurimi.

Quarto, Ubi duo vitra ſe contingunt inter ſe; nulla fit reflexio, quæ quidem ſenſu percipi poſſit; uti in prima obſervatione dictum eſt. Et tamen nihil cauſæ video, quominus radii impingere ſe debeant perinde in partes vitri vitro contiguas, ac contiguas aeri.

Quinto, Cum ſummitas bullæ aquæ, (in XVII. obſervatione,) continua ſubſidentia & exhalatione aquæ, valde tenuis erat facta; lumen perexiguum adeo, & ſub ſenſum vix cadens, inde reflectebatur, ut ea valde nigra appareret; quanquam eodem quidem tempore, in partibus circumcirca maculæ iſti nigræ adjacentibus, ubi videlicet craſſior erat aqua, reflexio adeo fortis erat, ut aquam valde albam exhiberet. Neque vero in minima ſolummodo craſſitudine, verum etiam in aliis permultis tenuium laminarum vel bullarum craſſitudinibus continua proportione excreſcentibus, abeſt omnis ſenſibilis reflexio: nam in obſervatione XV. radii uno eodemque colore, tranſmittebantur in una craſſitudine, & in alia reflectebantur, per innumerabiles vices alternas. Attamen in ſuperficie corporis tenuis, qua parte id unius cujuſvis ſit craſſitudinis, omnino nihilo pauciores ſunt partes in quas radii ſe impingant, quam qua parte id alia quavis ſit craſſitudine.

Sexto, Si reflexio efficeretur impactione radiorum in ipſas partes corporum; utique nullo pacto fieri poſſet, ut tenues laminæ vel bullæ una eademque ſui parte reflecterent radios uno colore, & tranſmitterent radios alio colore; quomodo faciunt in obſervationibus XIII. & XV. Neque enim ullo modo concipi aut fingi poteſt, caſu & fortuito ita evenire poſſe, ut alio in loco radii cerulei (exempli gratia) in ipſas corporis partes ſe impingant, & rubri omnes incurrant in meatus; alio autem in loco, ubi corpus vel paulo craſſius vel paulo tenuius fuerit, jam e contrario radii cærulei incurrant in meatus ejus, rubri autem impingant ſe in ipſas partes.

Denique, Si radii luminis reflecterentur impingendo ſe in ſolidas corporum partes; reflexiones eorum a politis corporum ſuperficiebus, non poſſent eſſe tam accuratæ tamque ad certam normam directæ, quam reapſe ſunt. Etenim quum vitrum arena, vel ſtanno uſto, vel pulvere Samio politur; exiſtimari utique non poteſt, corpora ea, perfricando & atterendo vitrum, efficere poſſe ut minimæ ipſius particulæ accurate leves & perpolitæ fiant univerſæ; adeo ut ſuperficies earum omnes vere ſint planæ, aut vere ſphæricæ, eodemque omnes ſpectent, unamque omnes plane æquabilem conſtituant ſuperficiem. Quanto minores erunt particulæ pulverum iſtorum; tanto minores quidem eſſe debebunt raſuræ, quibus ii vitrum perpetuo interradent & atterent, uſquedum id expolitum ſit: verum, quantumvis exiguæ illæ fue-

Digitized by Google

fuerint, non poterunt tamen vitri faciem alia ulla ratione complanare & coæquare, quam deterendo id & deradendo, & partes ejus prominentes defricando; adeo ut perpolire vitrum, nihil aliud sit nisi asperitatem ejus eatenus adradendo minuere & lævigare, quoad rasuræ in superficie ipsius minutiores sint factæ, quam ut oculis cerni queant. Quare, si lumen reflecteretur impingendo se in solidas partes vitri; utique dispergi deberet id quaquaversum a vitro accuratissime perpolito, æque ac ab asperrimo. Manet itaque quæstio illa, nondum plane expedita; qui fiat ut vitrum pulveribus adradentibus expolitum, tamen lumen tam ad certam normam reflectat, quam revera facit. Atque hæc quidem quæstio non videtur aliter expediri posse, quam si dicamus radii cujusvis reflexionem effici, non utique ab uno corporis reflectentis puncto, sed vi aliqua per totam corporis superficiem æquabiliter diffusa; qua nimirum id in radium ita agat, ut tamen illum non contingat immediate. Nam corporum partes, interjecto licet aliquo intervallo, agere tamen in radios luminis; id vero deinceps ostendetur.

Jam autem, si luminis reflexionis causa, non impactioni radiorum in solidas corporum partes, sed alii alicui rei tribuenda est; erit porro illud exinde verisimillimum, qui radii impingant se in solidas corporum partes, utique non reflecti eos, sed restingui intra ipsa corpora & intercidere penitus. Alioqui enim duo nobis essent fingenda reflexionis genera. Et vero, si reflecterentur radii, quotquot se in interiores aquæ vel crystalli pellucidæ particulas impingant; forent sane corpora ista, non pellucida plane, sed colore nubilo ac eluto. Porro, quo corpora videantur nigra, necesse est ut permulti radii intercipiantur, restinguantur, & intra ipsa intercidant; veri autem non videtur simile, radiorum ullos restingui & intercidere posse, nisi qui in ipsas corporum partes sese impingant.

Atque hinc quidem id insuper intelligi potest, corpora multo esse rariora, multoque plures intra se meatus habere, quam vulgo existimatur. Utique aqua 19 partibus levior est, & consequenter 19 partibus rarior, quam aurum. Aurum autem ipsum tam est rarum, ut & facillime nulloque objecto impedimento effluvia magnetica per se transmittat, & argentum vivum facile in meatus suos recipiat, & ipsam etiam aquam per se transmittat. Nam globus ex auro concavus, aqua repletus, ac probe ferruminatus, & deinceps magna vi compressus, exsudavit aquam, (uti ex teste oculato quidem accepi,) & innumeris guttulis exiguis tanquam rorulentus undique stillavit; tametsi aurum ipsum interea nihil omnino rimæ egerit. Ex quibus omnibus efficitur, ut aurum plus habeat meatuum inter partes suas solidas, quam partium solidarum quibus meatus interjacent; & consequenter spatium vacuum in meatibus aquæ, spatium partibus solidis occupatum amplius quadragies superet. Et quicunque hypothesin aliquam excogitaverit, qua aqua tam queat rara esse, nec tamen ulla vi comprimi possit; poterit is sane, ex eadem hypothesi, aurum & aquam, aliaque omnia corpora, tanto adhuc rariora, quantum sibi ipsi libuerit, effingere. Adeo ut jam satis admodum sit spatii in corporibus omnibus pellucidis, qua lumen transitum sibi per ea liberum atque apertum reperiat.

Magnes virtutem qua in ferrum agit, sine ulla diminutione aut alteratione, integram transmittit per corpora omnia non magnetica, nec candentia; ut aurum, argentum, plumbum, vitrum, aquam. Vis gravitans Solis transmittitur integra per ingentia planetarum corpora; ita ut eadem vi eisdemque legibus, ad ipsa usque centra, in omnes eorum partes agat, ac si partes illæ interiores reliquo planetæ corpore non essent circundatæ. Et radii luminis, sive sint illi exigua projecta corpuscula, sive motus solummodo vel vis aliqua propagata, moventur in lineis rectis; radiusque, cum semel, cujusvis rei oppositu, de via deflectatur, nunquam iterum, nisi forte casu aliquo, in eandem lineam rectam reverti poterit: attamen lumen per solida corpora pellucida in lineis rectis ad longa usque intervalla transmittitur. Qui fieri queat, ut corpora satis habeant meatuum ad hos effectus obtinendos, difficile quidem est conceptu; at nequaquam impossibile. Etenim, ut supra expositum est, colores corporum oriuntur ex eo, quod particulæ ipsorum reflecten-

tes,

Digitized by Google

tes, certis sint magnitudinibus. Jam si particulas istas ita dispositas concipiamus, ut inter eas tantum intervallorum sive meatuum interjaceat, quantum sint ipsæ particulæ; ipsasque porro ita ex aliis multo minoribus particulis compositas esse, ut minores illæ particulæ habeant & ipsæ interjectum sibi meatuum tantum, quantum sunt ipsæ particulæ; hasque ipsas similiter, ita ex aliis multo adhuc minoribus particulis compositas esse, ut illæ adhuc minores particulæ habeant & ipsæ interjectum sibi meatuum tantum, quantum sunt ipsæ particulæ; & sic deinceps, donec ad solidas demum particulas deveniatur, quæ nullos omnino habeant in se meatus: sintque in aliquo corpore tres, puta, hujusmodi particularum gradus; quorum ultimus sit earum, quæ minimæ sint & plane solidæ: utique id corpus septies tantum habebit meatuum, quam quantum partium solidarum. Quod si quatuor hujusmodi fuerint particularum gradus, quorum ultimus sit minimarum & plane solidarum; jam corpus decies & quinquies tantum habebit meatuum, quam quantum partium solidarum. Si quinque fuerint particularum gradus; corpus tricies & semel tantum habebit meatuum, quam quantum partium solidarum. Si sex gradus; corpus sexagies & ter tantum habebit meatuum, quam quantum partium solidarum: & sic deinceps. Quin etiam aliæ adhuc esse possunt in interiori corporum fabricatione nobis nondum cognita rationes, quibus effici queat ut multo etiam adhuc plus meatuum in corporibus inesse possit.

PROPOSITIO IX.

Corpora reflectunt & refringunt lumen una eademque vi, diverse in diversis circumstantiis se exerente.

APparet hoc permultis ex rebus. Primo, Quia cum lumen e vitro in aerem qua possit summa cum obliquitate transit; si jam deinceps paulo adhuc obliquius incidat, reflectitur continuo in totum. Etenim vitri vis, postquam refregerit lumen quam potuerit obliquissime; si id deinceps adhuc obliquius incidat, fortior exinde evadet, quam ut radiorum ullos transire permittat; & consequenter reflectit eos ex toto. Secundo, Quia lumen in tenuibus vitri lamellis reflectitur per multas vices & transmittitur alternis, pro eo ac crassitudo lamellæ in progressione arithmetica excrescat. Hic enim, utrum vis qua vitrum in lumen agit, efficiat ut id reflectatur, an vero ut transmittatur permittat, pendet utique ex crassitudine vitri. Tertio denique, Quia quæ corporum pellucidorum superficies vim refringentem maximam habent, eæ itidem plurimum luminis reflectunt; quomodo in prima propositione ostensum est.

PROPOSITIO X.

Si lumen celerius sit in corporibus quam in inani, ea proportione, quæ est sinuum qui corporum refractionem metiuntur; erunt utique vires corporum ad reflectendum & refringendum lumen, proportionales corporum ipsorum densitatibus quamproxime; excepto quod corpora unctuosa & sulphurosa, refringant plus quam alia corpora, quæ sint eadem densitate.

REpræsentet A B, (*Fig.* 8. *Tab. II.*) corporis cujusvis superficiem planam refringentem; & I C, radium incidentem ei in C valde oblique; adeo ut angulus A C I sit quasi infinite parvus; & esto C R radius refractus. Tum a dato puncto B, demitte lineam refringenti superficiei perpendicularem B R, quæ radio refracto C R occurrat in R. Jamque si C R repræsentet motum radii refracti; iste autem motus distinguatur in binos motus C B & B R, quorum quidem C B parallelus sit plano refringenti, B R autem eidem perpendicularis; utique C B repræsentabit motum incidentis radii, B R autem motum refractione generatum; sicuti exposuerunt nuperi de re optica scriptores.

O Jam

Digitized by Google

Jam siquod corpus, vel res quæcunque, interea dum movetur per spatium datæ latitudinis duobusque planis inter se parallelis utrinque terminatum, urgeatur prorsum in omnibus partibus istius spatii, viribus directo versus posterius planum tendentibus; & antequam incideret in prius planum, motu vel nullo vel infinite parvo fuerit eo versus delatum: sique vires in omnibus partibus istius spatii inter bina plana jacentibus, sint, in æqualibus quidem intervallis ab istis planis, æquales inter se; in inæqualibus autem intervallis, majores vel minores secundum quamlibet datam proportionem: Utique motus viribus istis generatus in toto transitu corporis vel rei antedictæ per id spatium, erit in subduplicata proportione virium; ut mathematici facile quidem intelligent. Quamobrem si spatium activitatis refringentis superficiei cujusvis corporis, sit nimirum illud spatium; debebit motus radii luminis, generatus vi refringente corporis inter transitum radii per id spatium, hoc est motus B R, esse in subduplicata proportione istius vis refringentis. Erit itaque quadratum lineæ B R, & consequenter vis refringens corporis, ut densitas ipsius corporis quamproxime. Hoc autem apparebit ex sequenti tabula: in qua proportio sinuum, qui diversorum corporum refractiones metiuntur; quadratum lineæ B R, posito quod C B sit 1; densitates corporum, ex specifica ipsorum gravitate æstimatæ; eorumque vis refractiva, respectu densitatum suarum; in diversis columnis descripta sunt.

Corpora

Digitized by Google

Corpora refringentia.	Proportio sinuum incidentiæ & refractionis luminis flavi.	Quadratum lineæ B R, cui proportionalis est vis refringens corporis.	Densitas & specifica gravitas corporis.	Vis refringens corporis, respectu dēsitatis suæ.
Pseudo-topazius, lapis naturalis, pellucidus, fragilis, hirsutus, & coloris flavi.	23 ad 14	1'699	4'27	3979
Aer.	3201 ad 3200	0'000625	0'0012	5208
Vitrum antimonii.	17 ad 9	2'568	5'28	4864
Selenites.	61 ad 41	1'213	2'252	5386
Vitrum commune.	31 ad 20	1'4025	2'58	5436
Crystallus de rupe.	25 ad 16	1'445	2'65	5450
Crystallus Islandica.	5 ad 3	1'778	2'72	6536
Sal Gemmæ.	17 ad 11	1'388	2'143	6477
Alumen.	35 ad 24	1'1267	1'714	6570
Borax.	22 ad 15	1'1511	1'714	6716
Nitrum.	32 ad 21	1'345	1'9	7079
Vitriol. Dantzicum.	303 ad 200	1'295	1'715	7551
Oleum vitrioli.	10 ad 7	1'041	1'7	6124
Aqua pluvia.	529 ad 396	0'7845	1.	7845
Gummi arabicum.	31 ad 21	1'179	1'375	8574
Spiritus vini rectificatus.	100 ad 73	0'8765	0'866	10121
Camphora.	3 ad 2	1'25	0'996	12551
Olivum.	22 ad 15	1'1511	0'913	12607
Oleum ex lini semine.	40 ad 27	1'1948	0'932	12819
Spiritus resinæ terebinthinæ.	25 ad 17	1'1626	0'874	13222
Electrum.	14 ad 9	1'42	1'04	13654
Adamas.	100 ad 41	4'949	3'4	14556

Digitized by Google

Refractio aeris in hac tabula, est refractio atmosphæræ ab Astronomis observata. Nam si lumen transeat per multa refringentia corpora, sive media, gradatim invicem densiora, & superficiebus inter se parallelis terminata; utique summa omnium refractionum, æqualis erit uni refractioni ei, quæ esset futura luminis immediate e primo medio in ultimum tanseuntis. Hocque perinde verum erit; etiamsi corporum refringentium numerus adaugeatur infinite, eorumque distantiæ inter se tantundem minuantur, adeo ut lumen jam refringi fingatur in singulis trajectus sui punctis, continuisque illis refractionibus in lineam plane curvam inflectatur. Quamobrem tota refractio luminis inter transeundum per atmosphæram ab altissima & rarissima ejus parte ad usque infimam & densissimam, æqualis esse debet refractioni ei, quæ esset futura luminis simili obliquitate transeuntis immediate ex inani in aerem qui sit pari densitate ac infima pars atmosphæræ.

Jam quidem ex hac tabula, si refractiones pseudo-topazii, selenitis, crystalli de rupe, crystalli Islandicæ, vitri communis, (hoc est, arenæ colliquefactæ,) & vitri antimonii, (quæ sunt concreta terrestria, lapidea, alcalizata;) atque aeris, (qui, ut probabile est, generatur fermentatione ex istiusmodi corporibus;) comparentur inter se: apparebit corpora ista, quamvis densitate valde inter se differentia, tamen vires habere refractivas eadem fere proportione inter se, ac ipsas densitates suas; (excepto quod refractio miræ illius substantiæ, crystalli Islandicæ, paulo major sit quam reliquorum:) & nominatim aerem, qui est 3500 partibus rarior quam pseudo-topazius, & 4400 partibus rarior quam vitrum antimonii, & 2000 partibus rarior quam selenitis, vitrum commune, aut crystallus de rupe; non obstante tanta illa raritate, vim tamen refractivam, pro ratione quidem densitatis suæ, eandem plane habere, ac habent sibi illæ valde densæ substantiæ; excepto quatenus istæ quidem differant inter se.

Rursum, si refractiones camphoræ, olivi, olei ex lini semine, spiritus resinæ terebinthinæ, & electri, (quæ sunt corpora pinguia, sulphurea, unctuosa;) atque adamantis, (qui, ut probabile est, substantia est unctuosa coagulata,) comparentur itidem inter se: apparebit similiter hæc quoque corpora vires habere refractivas eadem fere proportione inter se, ac ipsas densitates suas; sine ulla quidem variatione notatu digna. At vero vires illæ refractivæ corporum horum omnium unctuosorum, pro suæ quidem cujusque densitatis ratione, duplo vel triplo majores sunt, quam vires refractivæ corporum antedictorum cum suis itidem singulorum densitatibus comparatæ.

Aqua vim refractivam intermediam quandam habet inter bina illa substantiarum genera; &; ut verisimile est, mediæ est inter utrumque naturæ. Nam ex ea quidem oritur plantarum omnium animaliumque materia; quæ constant tam ex partibus sulphureis, pinguibus, & flammæ concipiendæ aptis, quam ex terrestribus, macris, & alcalizatis.

Sales & vitriola vires refractivas intermedias habent, inter corporum terrestrium & aquæ; & perinde composita sunt ex duabus istis substantiis. Nam spiritus ipsorum distillando utique & rectificando, abeunt magnam partem in aquam; pars autem magna superest, specie ac forma terræ siccæ & fixæ & ad vitrificandum aptæ.

Spiritus vini vim refractivam mediam habet inter eam quæ est aquæ, & eam quæ est corporum oleosorum; & perinde ex utrisque videtur compositus, fermentatione utique in unum conjunctis; aqua nimirum, ope spirituum quorundam salinorum quibus imbuta est, dissolvente oleum, idque per istam actionem volatizante. Etenim spiritus vini, flammæ concipiendæ aptus fit per partes suas oleosas; & distillatus sæpe ex sale tartari, fit singulis distillationibus magis magisque aquosus & phlegmatis plenus. Et chymici observant, herbas (ut lavendulam, rutam, majoranam, &c.) distillatas per se, ante fermentandum dare utique olea sine spiritibus ardentibus; post fermentandum autem, spiritus ardentes sine oleis: ex quo apparet, oleum ipsarum converti in spiritum fermentatione. Præterea comperiunt chymici,

si olea

Digitized by Google

si olea herbis fermentantibus affundantur parva portione, distillare ea deinceps post fermentandum, specie ac forma spirituum.

Ita, ex tabula præcedente, videntur corpora omnia vires habere refractivas eadem aut fere eadem proportione inter se, ac ipsas densitates suas; excepto quatenus particularum sulphurearum oleosarumque abundantia vel defectu, vis ea adaucta sit vel imminuta. Atque hinc quidem rationi videtur consentaneum, ut corporum omnium vis refractivæ causam, particulis suis sulphureis maxima sane ex parte, si non etiam in totum, attribuamus. Veri enim simillimum est, inesse in omnibus corporibus partes sulphureas; in aliis quidem majori portione, in aliis minori. Ut autem lumen vitro ustorio coactum, agit fortissime in corpora sulphurosa, quo ea in ignem & flammam convertantur; sic, quando omnis quidem actio est reciproca, sulphura agere debent fortissime itidem in radios luminis. Nam actionem quidem, quæ est inter lumen & corpora, reciprocam esse, etiam vel hinc apparere poterit; quod, ut quodque corpus densissimum est, radiosque fortissime refringit & reflectit; ita ipsum in Sole æstivo, actione luminis refracti vel reflexi, itidem maxime calefiat.

Hactenus vim reflectendi & refringendi, quæ in corporibus inest, exposui; ostendique tenues pellucidas lamellas, fibras, ac particulas, pro sua cujusque crassitudine ac densitate, reflectere quidem radios diversorum generum, indeque varios colores exhibere; & consequenter, ad producendos omnes corporum naturalium colores, nihil utique aliud opus esse, nisi certas particularum suarum pellucentium magnitudines ac densitates. Verum causa ac ratio efficiens, qua istæ lamellæ, fibræ, sive particulæ, pro sua quidem cujusque crassitudine ac densitate, reflectant eo pacto radios diversorum generum; ea demum quæ sit, nondum explicavi. Ut huic igitur rei deinceps explicandæ, & sequenti hujus libri parti intelligendæ, viam porro sternam; paucas amplius propositiones sub finem hujus partis hic apponam. Quæ hactenus propositæ fuerunt, erant de corporum quidem natura; quæ sequuntur deinceps, erunt de natura luminis: nam amborum quidem naturam probe intellectam oportet, antequam actiones ipsorum mutuæ quibus ex causis pendeant, intelligi queat. Quoniam autem propositio proxime antecedens pendebat de velocitate luminis; congruum erit ut incipiamus jam deinceps a propositione, quæ sit de eadem adhuc luminis proprietate.

PROPOSITIO XI.

Lumen propagatur spatio temporis, a corporibus lucidis; impenditque in transitu suo de Sole in Terram, ad septem circiter vel octo minuta.

OBservavit hoc primus, *Roemerus*; deinde & alii; ope eclipsium Jovis satellitum. Istæ enim eclipses, quum Terra inter Solem & Jovem interposita sit, accidunt circiter septem vel octo minutis citius; quam secundum tabulas accidere debent; quum autem Terra sit ex adverso Jovi ultra Solem opposita, tum illæ circiter septem vel octo minutis tardius, quam secundum tabulas, accidunt: ea videlicet de causa, quod lumen satellitum in posteriori casu, spatium tota orbis magni diametro longius, quam in casu priori, emetiatur. Poterunt quidem aliquæ inæqualitates temporis, ex orbium istorum satellitum excentricitatibus oriri; at vero eæ non poterunt in omnibus satellitibus, & in omnibus temporibus, respondere positioni & distantiæ Telluris a Sole. Præterea, medii quidem motus satellitum Jovis, celeriores sunt inter descensum ejus ab aphelio suo ad perihelium, quam inter ascensum ejus in altera orbis sui parte: verum neque hæc inæqualitas quicquam omnino conjuncta est cum positione Terræ; ipsaque insuper, in tribus interioribus quidem satellitibus, minor est quam quæ sensu percipi queat, uti, ex gravitatis ipsorum theoria, posito calculo, comperi.

PRO-

Digitized by Google

PROPOSITIO XII.

Omnis radius luminis in transmissu suo per quamlibet superficiem refringentem, nancifcitur constitutionem quandam seu dispositionem transitoriam, quæ in radii progressu æqualibus revertitur intervallis, efficitque ut is in singulis dispositionis istius accessibus, transmittatur facilius per superficiem refringentem proxime deinceps objectam; in singulis autem ejusdem intermissibus sive intervallis, reflectatur facilius ab ejusmodi superficie.

Apparet hoc ex observationibus V. IX. XII. & XV. Liquet enim ex istis observationibus, radios unius ejusdemque generis, in tenuem quamlibet & pellucidam lamellam æqualibus plane angulis incidentes, reflecti & transmitti alternis per multas vices, prout crassitudo lamellæ adaucta sit in progressione arithmetica numerorum 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, &c. Adeo ut, si prima reflexio (qua nimirum annulorum coloratorum ibi descriptorum primus sive intimus efficitur) fiat in crassitudine 1, futurum sit ut radii transmittantur, in crassitudinibus 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, &c.; eoque pacto maculam centralem annulosque lucidos per transmissionem visos conforment: reflectantur autem in crassitudinibus 1, 3, 5, 7, 9, 11, &c. eoque pacto effingant annulos per reflexionem visos. Atque hæc quidem alterna reflexio ac transmissio, quomodo ex XXIV. quidem observatione collegi, amplius centenas vices adimplent. Immo, ex observationibus in sequenti parte hujus libri describendis, vices suas alternant ad plura millia; propagatæ nimirum ab una superficie laminæ vitreæ ad alteram, quamvis crassitudo ejus sit amplius $\frac{1}{4}$ unciæ: adeo ut vices hæ alternæ, revera in omnem distantiam, sine fine aut limite, ab omni superficie refringente, propagari videantur.

Pendet hæc alterna reflexio ac refractio, ab utraque superficie cujusque tenuis lamellæ; pendet enim ex distantia ipsarum inter se. Item in observatione XXI. si alterutra superficies tenuis lamellæ lapidis specularis madefiat; colores alterna reflexione ac refractione exhibiti, languescunt continuo; ac proinde reflexio illa & refractio alterna, pendet ex ambabus superficiebus.

Atque hinc porro consequens est, effici eam in secunda superficie. Si enim in prima superficie efficeretur, antequam radii ad secundam pervenirent; utique non penderet ex secunda.

Adhæc, pendet quodam modo ex actione vel dispositione aliqua, propagata a prima superficie ad secundam: alioqui enim, jam in secunda superficie, non penderet ex prima. Ea autem actio sive dispositio ita propagatur, ut æquis perpetuo intermittat & revertatur intervallis: efficit enim in omni progressu suo, ut radius, certa interjecta distantia a prima superficie, reflectatur ex secunda; alia autem interjecta distantia, transmittatur: idque æqualibus intervallis, & per innumeras vices. Denique, quoniam hæc dispositio radii ita est comparata, ut is reflectatur in distantiis 1, 3, 5, 7, 9, &c.; transmittatur autem in distantiis 0, 2, 4, 6, 8, 10, &c.; (nam ejus transmissio per primam superficiem, fit in distantia 0; & transmittitur is per ambas quidem simul, si illarum distantia inter se sit infinite parva, vel etiam multo minor quam 1:) ideo dispositio ea, qua fit ut radius transmittatur in distantiis 2, 4, 6, 8, 10, &c. existimanda est reversio ejusdem dispositionis, quam habebat is initio in distantia 0, hoc est, cum transmitteretur per primam superficiem refringentem. Quæ quidem omnia id efficiunt, quod erat mihi comprobandum.

Actio autem hæc sive dispositio, qualis tandem sit; utrum consistat in motu quodam circulatorio, an vibratorio, radii ipsius, vel etiam medii; an plane alia aliqua ex causa pendeat; in id vero ego hic non inquiro. Qui hoc in animum suum inducere non possunt, ut quicquam novi aut recens inventi accipiant, quod nequeant continuo hypothesi aliqua explicare; his in præsentia illud quidem sibi fingere lice-

licebit. Ut lapides in aquam incidentes, excitant in aqua motum quendam undulantem; & corpora omnia, percussu suo, vibrationes cient in aere: ita radios luminis, impingendo se in superficiem quamlibet refringentem vel reflectentem, excitare scilicet vibrationes quasdam in medio sive substantia refringente vel reflectente; easque excitando, agitare utique partes solidas corporis refringentis vel reflectentis; eoque pacto efficere, ut corpus id quodammodo incalescat: porro, vibrationes hoc modo excitatas, propagari inde in medio sive substantia refringente vel reflectente, eodem fere modo ac vibrationes ad efficiendum sonum propagantur in aere; moverique eas velocius utique quam ipsos radios, adeo ut illos antevertant: cumque radius aliquis sit in ea videlicet vibrationis parte, quæ cum motu suo conspiret; tum eum per superficiem refringentem facile transmitti: cum autem sit in contraria vibrationis parte, quæ scilicet motui suo obsistat; tum eum facile reflecti: & consequenter radium unumquemque ita esse comparatum, ut, vibrationibus singulis eum prævertentibus, reflectatur is facilius, vel facilius transmittatur, vicibus alternis. Verum, utrum hæc hypothesis vera sit necne; in id, inquam, ego hic non inquiro. Satis habebo, illud ipsum jam invenisse; utique luminis radios ita esse comparatos, ut aliqua ex causa alternatim reflectantur facilius, & facilius refringantur, per multas vices.

DEFINITIO.

Accessus sive reversiones dispositionis istius; qua fit ut quilibet radius facilius reflectatur, appello ejus vices facilioris reflexionis: *Reversiones autem dispositionis istius, qua fit ut idem facilius transmittatur, appello ejus* vices facilioris transmissus: *Et spatium quod inter singulas ejusdem vicis reversiones intercedit, appello* intervallum vicium.

PROPOSITIO XIII.

Causa, quamobrem superficies corporum omnium crassorum pellucentium, luminis sibi incidentis partim reflectant, partim refringant, hæc est; quod radiorum alii, quo tempore incidunt, sint in vicibus facilioris reflexionis; alii autem, in vicibus facilioris transmissus.

COlligi potest hoc ex XXIV. observatione; ubi lumen tenuibus aeris & vitri laminis reflexum, quod nudo oculo æquabiliter in totis laminis album fuerat visum, in eisdem tamen per prisma inspectis undulatum videbatur, & in permultos lucis ac tenebrarum ordines pro alternis facilioris reflexionis & facilioris transmissus vicibus digestum: prismate nimirum separante & distinguente undas, ex quibus compositum erat id album reflexum lumen; quomodo supra est explicatum.

Atque hinc quidem sequitur, lumen, etiam antequam in corpora pellucida incidat, vices suas habere facilioris reflexionis & facilioris transmissus. Utique verisimillimum est, id vices istas tum nancisci, cum e corporibus lucidis primum emittitur; illasque per totum suum progressum usque retinere. Sunt enim hæ vices natura sua durabiles; uti ex sequenti parte hujus libri amplius apparebit.

In hac propositione, pono corpora pellucida esse crassa: quoniam si crassitudo corporis multo sit minor, quam est intervallum vicium facilioris reflexionis & facilioris transmissus radiorum; amittit id corpus vim suam reflectentem. Si enim radii, qui, cum in aliquod corpus ingrediuntur, subeunt vices suas facilioris transmissus, perveniant ad posteriorem corporis istius superficiem, antequam vices istas deponant; utique transmittantur oportebit. Atque ea quidem causa est, quamobrem bullæ aquæ, quum valde tenues factæ sint, vim suam reflectentem amittant; & corpora omnia opaca, quum in partes valde exiguas sint comminuta, pellucida evadant.

Digitized by Google

PROPOSITIO XIV.

Quæ corporum pellucentium superficies, radium qui sit in vice facilioris refractionis, refringunt fortissime; eæ eundem, si sit in vice facilioris reflexionis, reflectunt facillime.

Etenim ostendimus supra, (in prop. 8.) causam reflexionis non utique impactionem esse luminis in partes corporum solidas & impervias, sed aliam aliquam vim qua istæ partes solidæ agunt in lumen, interjecto aliquo intervallo. Ostendimus quoque, (in prop. 9.) corpora reflectere & refringere lumen una eademque vi diverse in diversis circumstantiis se exerente: &, (in prop. 1.) quæ superficies refringunt fortissime, eas plurimum itidem luminis reflectere. Quæ quidem omnia conjuncta, & inter se collata, evincunt & comprobant, cum hancce propositionem, tum & præcedentem.

PROPOSITIO XV.

In radiis cujusvis unius & ejusdem generis, emergentibus in quovis angulo e quavis refringente superficie, in quodvis unum idemque medium; intervalla sequentium vicium facilioris reflexionis & facilioris transmissus, sunt, vel accurate, vel quamproxime, ut rectangulum Secantis anguli refractionis, & Secantis alius cujusdam anguli, cujus sinus videlicet sit prima ex 106 arithmeticis mediis proportionalibus inter sinus incidentiæ & refractionis, incipiendo a sinu refractionis.

Manifestum est hoc ex VII. & XIX. observationibus.

PROPOSITIO XVI.

In radiis diversorum generum, emergentibus in æqualibus angulis e quavis refringente superficie, in unum idemque medium; intervalla sequentium vicium facilioris reflexionis & facilioris transmissus, sunt, vel accurate, vel quamproxime, ut radices cubicæ quadratorum longitudinum chordæ, quæ sonent notas illas musicas in octava, sol, la, fa, sol, la, mi, fa, sol, *una cum gradibus suis omnibus intermediis, ad colores radiorum illorum respondentibus, secundum eam similitudinem proportionum, quam in septimo experimento secundæ partis primi libri exposuimus.*

Manifestum est hoc, ex observationibus XIII. & XIV.

PROPOSITIO XVII.

Si radii unius cujusvis generis, transeant in diversa media ad perpendiculum; intervalla vicium suarum facilioris reflexionis & facilioris transmissus in quovis uno medio, erunt ad earundem intervalla in alio quovis medio, ut sinus incidentiæ ad sinum refractionis radiorum transeuntium e primo duorum istorum mediorum in secundum.

Manifestum est hoc ex X. observatione.

PRO-

Digitized by Google

PROPOSITIO XVIII.

Si radii qui exhibent colorem in confinio flavi atque aurei interjacentem, transeant ad perpendiculum e quovis medio in aerem; intervalla vicium suarum facilioris reflexionis, fiunt $\frac{1}{89000}$ pars unciæ. Et ejusdem quoque longitudinis sunt intervalla vicium suarum facilioris transmissus.

Apparet hoc ex VI. observatione.

Ex his propositionibus facile est colligere, quanta sint intervalla vicium facilioris reflexionis & facilioris transmissus radiorum cujusvis generis refractorum in quovis angulo in quodvis medium; indeque cognoscere, utrum futurum sit ut iidem radii, cum deinceps in quodvis aliud medium pellucidum incidant, reflecti porro debeant, an transmitti. Quæ quidem res, quoniam ad sequentem hujus libri partem recte intelligendam permultum conferet, congruum erat ut hoc in loco exponeretur. Eandemque porro ob causam, binas sequentes quoque adjeci propositiones.

PROPOSITIO XIX.

Si radii cujusvis generis, incidentes in superficiem politam medii cujusvis pellucidi, reflectantur; vices facilioris reflexionis, quas ii habent in puncto reflexionis, revertentur usque continuis vicibus; earumque reversiones distabunt a reflexionis puncto, spatiis quæ sint in arithmetica progressione numerorum 2, 4, 6, 8, 10, 12, &c. Inque vicium istarum intervallis, erunt radii in vicibus facilioris transmissus.

ETenim cum vices facilioris reflexionis & facilioris transmissus, natura sint durabili; statisque antea reverterint intervallis, usquedum radius ad medium reflectens pervenerit; ibique, ut is reflecteretur, effecerint: nihil sane causæ est, quamobrem inde deinceps continuo cessarent. Jam vero si radius in puncto reflexionis, erat in vice facilioris reflexionis; utique progressio spatiorum, quibus hæ vices a puncto isto exinde distent, incipiat necesse est ab o, sitque adeo in progressione numerorum o, 2, 4, 6, 8, &c. Ac proinde progressio spatiorum alterorum, quibus videlicet intermediæ vices facilioris transmissus distent ab eodem puncto, debebit esse secundum progressionem numerorum imparium 1, 3, 5, 7, 9, &c. Contra, quam evenit tum, cum hæ vices propagentur a punctis refractionis.

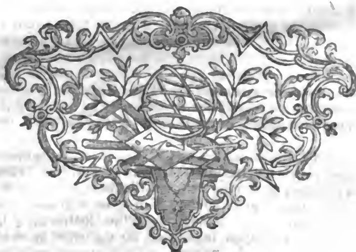
PROPOSITIO XX.

Intervalla vicium facilioris reflexionis & facilioris transmissus, propagatarum a punctis reflexionis in quodvis medium; æqualia sunt intervallis similium vicium, quas iidem radii ita utique habituri essent, si refracti forent in idem medium per angulos refractionis æquales angulis suis istis reflexionis.

ETenim quum lumen reflexum est e secunda superficie tenuium lamellarum, egreditur deinceps liberrime per primam superficiem, ad constituendos annulos colorum eos qui reflexione conspiciuntur; egrediendoque ita libere, efficit colores annulorum istorum clariores fortioresque, quam sunt ii qui ex altera parte tenuium lamellarum conspiciuntur lumine transmisso. Itaque radii reflexi, sunt in vicibus facilioris transmissus tum, cum egrediuntur: quod quidem non semper ita eveniret, si intervalla vicium intra lamellam post reflexionem, non essent æqualia, tum longitudine tum numero, intervallis earundem ante reflexionem. Hocque confirmat

Digitized by Google

insuper proportiones in præcedente propositione expositas. Nam si radii, tum in ingressu tum in egressu primæ superficiei, sint in vicibus facilioris transmissus; vicium autem istarum tum intervalla tum numerus, inter primam & secundam superficiem, ante & post reflexionem, æqualia sint inter se; utique spatia, quibus vices facilioris transmissus distant ab utravis superficie, in eadem necesse est progressione sint post reflexionem, ac ante; hoc est, a prima superficie quæ transmisit radios, in progressione sint numerorum parium 0, 2, 4, 6, 8, &c.; & a secunda quæ eos reflexit, in progressione numerorum imparium 1, 3, 5, 7, &c. Verum hæ duæ propositiones, ex observationibus in sequenti parte hujus libri exponendis, multo adhuc fient evidentiores.



Digitized by Google

OPTICES

LIBER SECUNDUS.

PARS QUARTA.

Observationes circa reflexiones & colores laminarum crassarum, pellucentium & politarum.



Ullum est vitrum aut speculum, quantumvis perpolitum, quin, præter lumen quod id refringit vel reflectit regulariter, dispergat insuper quoquoversus lumen quoddam debile; per quod polita ejus facies, quum radio Solis in cubiculum tenebricosum immisso sit illuminata, facile in omnibus oculi positionibus cerni queat. Sunt autem luminis hujusce quaquaversum dispersi phænomena quædam, quæ, cum ea primum observarem, magnam quidem mihi moverunt admirationem. Quæ observaverim, hujusmodi erant.

OBSERVATIO I.

Quum Sol in cubiculum meum tenebricosum per foramen $\frac{1}{3}$ unciæ latum colluceret, radium luminis intromissum excepi ad perpendiculum speculo vitreo concavo-convexo, tornato ad sphæram pedes quinque unciasque undecim semidiametro complectentem; & argentum vivum convexa sui facie obtecto. Tum tenens chartam albam opacam, sive chartæ scapum, in centro sphærarum ad quas tornatum erat speculum; hoc est, intervallo circiter pedum quinque & unciarum undecim a speculo; tali nimirum in positu, ut radius luminis antedictus in cubiculum tenebricosum immissus, per exiguum deinceps foramen, quod esset in medio chartæ, transmitteretur ad speculum, indeque ad idem rursus foramen reflecteretur: chartam, inquam, ita tenens, observavi in ea quatuor vel quinque irides concentricas, sive colorum annulos, arcus cœlestis speciem habentes, & foramini jam dicto circundatas; eodem fere modo ac annuli illi, qui in quarta & sequentibus observationibus primæ partis hujus secundi libri inter bina vitra objectiva visi sunt, ambiebant maculam suam nigram: erant tamen hi annuli, quam illi, largiores dilutioresque. Jam quidem hi annuli, pro eo ut in amplitudinem se laxabant, dilutiores adhuc languidioresque evadebant; adeo ut eorum quintus sub sensum vix caderet: nonnunquam tamen, cum Sol valde clarus colluceret, erant porro sexti annuli atque etiam septimi languida quædam indicia. Siquando charta distaret a speculo, intervallo multo majori multove minori sex pedum; tum annuli diluti continuo, & evanidi sunt facti. Item si speculum distaret a fenestra, intervallo multo majori quam sex pedum; reflexus luminis radius adeo latus continuo erat factus, intervallo sex pedum a speculo, quo in loco annuli videlicet apparebant, ut annulorum interiorum unus vel alter, ampliata illa radii reflexi latitudine obscuraretur. Quamobrem speculum, intervallo circiter sex pedum a fenestra, collocare solitus sum; ut adeo apud ipsam fenestram focus vitri incurreret in centrum concavitatis suæ ad annulos super charta. Atque hæc quidem semper existimanda est positio speculi, in sequentibus observationibus; nisi siquando alia aliqua nominatim exprimatur.

Digitized by Google

OBSERVATIO II.

Colores harum iridum ſuccedebant invicem a centro extrorſum, eadem ſpecie & ordine, ac illi qui in nona obſervatione primæ partis hujus libri in binis vitris objectivis, non utique reflexu luminis, ſed tranſmiſſu, viſi ſunt. Nam primo, in communi horum annulorum centro, macula erat alba, rotunda, debili lumine, latiorque aliquanto quam ipſe reflexus luminis radius: qui porro radius reflexus, incidebat interdum in mediam illam maculam; interdum autem, parva inclinatione ſpeculi, recedebat a medio maculæ, eamque ad uſque centrum albam conſpiciendam reliquit.

Maculam illam albam proxime ambiebat color leucophæus fuſcior: cui ſucceſſerunt colores primæ iridis. Erant autem hi, ab interiore ſui parte, proxime colorem leucophæum, violaceus & indicus parva portione: deinde cæruleus, qui ab exteriore ſui parte palleſcebat, deſiitque in flavum exiguum virideſcentem: cui porro ſucceſſit flavus clarior; eique demum, ab exteriori iridis limite, ruber, qui ab exteriore ſui parte pupuraſcebat.

Primam hanc iridem proxime ambiebat ſecunda: cujus colores ab intima ſui parte extrorſum, hoc erant ordine diſpoſiti; purpureus, cæruleus, viridis, flavus, ruber clarior, ruber purpuraſcens.

Huic ſuccedebant proxime colores tertiæ iridis: qui erant ordine extrorſum numerati, viridis purpuraſcens, viridis bonus, & ruber clarior quam præcedentis iridis.

Irides quarta & quinta, videbantur ab interiore ſui parte colorem habere viridem ſubcæruleum; ab exteriori rubrum. Verum in hiſce colores adeo evanidi erant facti, ut diſcerni vix potuerint.

OBSERVATIO III.

Dimenſus horum annulorum diametros quam potui accuratiſſime ſuper charta, inveni illas quoque eandem inter ſe proportionem habere, ac annulorum in binis vitris objectivis lumine tranſmiſſo exhibitorum. Etenim diametri annulorum quatuor primorum lucidorum dimenſæ qua parte clariſſimæ erant ipſorum orbitæ, intervallo ſex pedum a ſpeculo, fuerunt $1\frac{11}{16}$, $2\frac{1}{8}$, $2\frac{11}{12}$, & $3\frac{1}{8}$ unciæ; quorum quidem numerorum quadrata ſunt in progreſſione arithmetica numerorum 1, 2, 3, 4. Quod ſi macula alba, rotunda, quæ eſt in medio, annumeretur una cum annulis; ejuſque lumen in centro, ubi id clariſſimum eſſe videtur, habeatur pro annulo infinite parvo; jam annulorum diametrorum quadrata, erunt in progreſſione 0, 1, 2, 3, 4, &c. Porro, dimenſus obſcurorum quoque annulorum, inter lucidos illos interjacentium, diametros, inveni earum quadrata in progreſſione eſſe numerorum $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$, &c. Quippe diametri primorum quatuor ex his annulis, intervallo ſex pedum a ſpeculo, erant $1\frac{1}{16}$, $2\frac{1}{16}$, $2\frac{2}{3}$ $3\frac{1}{20}$ unciæ. Quod ſi charta & ſpeculum majori minorive quam diximus, inter ſe diſtarent intervallo; utique & diametri circulorum majores minoreſve erant factæ, ſimili proportione.

OBSERVATIO IV.

Ex proportionum ſimilitudine, quæ erat inter hoſce annulos, & illos quos in obſervationibus primæ partis hujus libri deſcripſimus; ſuſpicatus ſum multo plures forte in ſpeculo ineſſe poſſe hujuſmodi annulos, in ſe invicem diffuſos, & quorum adeo colores mutua commixtione confuſi invicem & ita diluti eſſent facti, ut ſeparatim cerni haud poſſent. Quocirca eos per priſma inſpexi; quomodo illos in XXIV. obſervatione primæ partis hujus libri feceram. Cumque priſma ita mihi eſ-

Digitized by Google

ſet collocatum, ut id refractione ſua lumen colorum inter ſe permixtorum ſepararet, annuloſque a ſe invicem diſtingueret; quomodo in XXIV. illa obſervatione fecerat: utique annulos multo tum, quam antea, diſtinctius cernere poteram; atque etiam numerare eos facile ad octo vel novem, nonnunquam etiam ad duodecim vel tredecim. Quod niſi lumen ipſorum adeo debile fuiſſet; equidem nihil dubito quin multo etiam adhuc plures diſcernere potuiſſem.

OBSERVATIO V.

Cum in feneſtra priſma collocaſſem, quo intromiſſus luminis radius refringeretur, adeoque oblonga colorum imago in ſpeculum projiceretur; ſpeculum deinceps obtexi charta nigra, in qua foramen eſſet, per quod colorum unus quilibet tranſmitti poſſet ad ſpeculum, interea dum reliqui omnes charta interciperentur. Jamque vidi annulos eo ſolo colore, qui utique in ſpeculum incideret. Si ſpeculum illuminaretur colore rubro, annuli ex toto erant rubri, cum intervallis tenebroſis: ſi colore cæruleo, annuli ex toto erant cærulei: & ſimiliter in cæteris coloribus. Cumque annuli uno aliquo colore ita eſſent facti; quadrata diametrorum ſuarum, dimenſarum qua parte orbitæ ipſorum clariſſimæ eſſent, erant in progreſſione arithmetica numerorum 0, 1, 2, 3, 4: & quadrata diametrorum intervallorum ſuorum obſcurorum, erant, in progreſſione numerorum intermediorum $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$. Verum ſi color mutaretur, mutabatur itidem & magnitudo annulorum. In colore rubro, annuli erant largiſſimi; in indico & violaceo, minimi; inque coloribus intermediis, flavo, viridi, & cæruleo, intermediis itidem erant annuli magnitudinibus, ad colorem nimirum reſpondentibus; hoc eſt, in colore flavo majores erant quam in viridi, inque viridi majores quam in cæruleo. Atque hinc quidem illud intellexi; cum ſpeculum albo lumine illuminatum eſſet, utique colores rubrum & flavum in exteriori parte annulorum exhibitos eſſe per radios minime refrangibiles, cæruleum autem & violaceum per radios maxime refrangibiles: item colores cujuſque annuli diffuſos eſſe utroque in colores annulorum ſibi utrinque adjacentium, quomodo ſupra in prima & ſecunda parte hujus libri expoſitum eſt; mutuaque ſui permixtione inter ſe adeo dilutos eſſe factos, ut diſcerni invicem haud poſſent, niſi propius a centro ubi minus eſſent commixti. Etenim in hac obſervatione annulos diſtinctius, & majori etiam numero, quam antea, diſcernere potui; utique ad octo vel novem in flavo lumine, præter languidum quoddam indicium decimi. Jam autem ut id porro invenirem, quantum in ſe invicem diffunderentur & commixti eſſent annulorum diverſorum colores; dimenſus ſum diametros annulorum ſecundi & tertii; invenique eas, cum annuli illi exhiberentur in confinio colorum rubri & aurei, eam habere proportionem ad diametros eorundem annulorum in confinio cærulei & indici exhibitorum, quam habent 9 ad 8, præterpropter: difficile enim erat hanc proportionem definire accurate. Item circulos, quos in eodem annulo exhiberent ordine colores ruber, flavus & viridis; plus inter ſe differre magnitudine, quam quos per eaſdem vices exhiberent viridis, cæruleus, & indicus: nam circulus quidem violaceus, tenebroſior erat quam ut ſenſu percipi poſſet. Ut igitur calculum inceptum perſequamur; ponamus differentias diametrorum circulorum, quos exhibent ſua quiſque vice colores ruber extremus, confinium rubri & aurei, confinium aurei & flavi, confinium flavi & viridis, confinium viridis & cærulei, confinium cærulei & indici, confinium indici & violacei, & violaceus extremus, eadem eſſe proportione inter ſe, ac ſunt differentiæ longitudinum monochordi earum, quæ ſonent notas illas in octava, *ſol*, *la*, *fa*, *ſol*, *la*, *mi*, *fa*, *ſol*; hoc eſt, ac ſunt numeri $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{18}$, $\frac{1}{12}$, $\frac{1}{12}$, $\frac{2}{27}$, $\frac{1}{27}$, $\frac{1}{18}$. Quod ſi jam diameter circuli illius, quem exhibet confinium colorum rubri & aurei, ſit 9 A; diameter autem ejus circuli, quem exhibet confinium cærulei & indici, ſit 8 A; ut eſt ſupra dictum: utique differentia ipſarum, 9 A — 8 A, ad differentiam diametrorum circulorum illorum,

quos

quos exhibent ruber extremus & confinium rubri atque aurei; erit ut $\frac{1}{18} + \frac{1}{12} + \frac{1}{12} + \frac{2}{27}$, ad $\frac{1}{9}$; hoc est, ut $\frac{8}{27}$ ad $\frac{1}{9}$, vel 8 ad 3: ad differentiam autem diametrorum circulorum illorum, quos exhibent violaceus extremus & confinium cærulei atque indici; erit ut $\frac{1}{18} + \frac{1}{12} + \frac{1}{12} + \frac{2}{27}$, ad $\frac{1}{27} + \frac{1}{18}$; hoc est, ut $\frac{8}{27}$ ad $\frac{5}{54}$ vel 16 ad 5. Quamobrem hæ differentiæ, erunt $\frac{3}{8}$ A & $\frac{5}{16}$ A. Quarum jam primam adde ad 9 A, & posteriorem subduc de 8 A; habebisque diametros circulorum illorum, quos exhibent radii minime maximeque refrangibiles, nempe $\frac{75}{8}$ A & $\frac{61\frac{1}{2}}{8}$ A. Sunt igitur hæ diametri inter se, ut 75 ad $61\frac{1}{2}$, vel 50 ad 41; earumque quadrata, ut 2500 ad 1681, hoc est, ut 3 ad 2 quamproxime. Quæ quidem proportio non distat a proportione diametrorum circulorum illorum, quos exhibuerunt colores ruber & violaceus extremi in XIII. observatione primæ partis hujus libri.

OBSERVATIO VI.

Cum oculum meum collocassem eo in loco, ubi annuli videbantur manifestissimi; speculi faciem conspicatus sum colorum fasciis undatam, (rubris, flavis, viridibus, cæruleis;) illarum similibus, quæ in observationibus primæ partis hujus libri inter bina vitra objectiva & in aquæ bullis visæ sunt; at amplioribus multo. Item hæ, eodem modo ac illæ, pro variis oculi positionibus, magnitudine varia videbantur; dilatantes se ac contrahentes, pro eo ut oculum meum ultro citroque moverem. Specie ac forma erant arcuum circulorum concentricorum, sicuti & illæ; cumque oculus meus positus esset ex adverso centri concavitatis speculi, (quod erat scilicet intervallo pedum 5 & unciarum 10 a speculo,) centrum ipsarum commune in eadem erat linea recta cum centro illo concavitatis, & cum foramine in fenestra. Verum in aliis oculi positionibus, centrum ipsarum alias itidem habebat positiones. Apparebant porro per lumen nubium propagatum ad speculum per foramen in fenestra: cumque Sol per id foramen colluceret speculo, lumen ejus in speculo illum semper habebat colorem, qui esset annuli in quem id incideret; verum nimio splendore suo obscurabat id annulos istos lumine nubium exhibitos, nisi quando speculum adeo longe admodum distaret a fenestra, ut Solis lumen super eo valde latum esset & langnidum. Denique, cum oculi positionem variarem; cumque ultro citroque, propius longiusve a directo Solis luminis radio, moverem; color reflexi luminis Solis super speculum perpetuo variabatur eodem modo, ac super oculum meum; eodem nimirum colore se super oculum meum spectatori cuivis adstanti semper se exhibente, qui mihi ipsi in speculo videretur. Atque hinc quidem intellexi, annulos colorum illos, quos in charta videram, effectos utique fuisse ex his reflexis coloribus, propagatis nimirum a speculo ad chartam in diversis angulis; illorumque productionem, ex terminatione luminis atque umbræ neutiquam pendere.

OBSERVATIO VII.

Ex mira similitudinum proportione, quæ erat hisce omnibus phænomenis cum illis annulorum coloratorum supra in prima parte hujus libri descriptorum; videbantur mihi hi colores generari in crassa vitri lamina eodem fere modo, ac illi in lamellis valde tenuibus. Etenim experiundo comperiebam, si argentum vivum de posteriore speculi facie defrictum esset, vitrum nudum eosdem usque annulos exhibere, licet eos multo quidem languidiores quam antea: & consequenter phænomenon hoc non pendere ex argento vivo; nisi quatenus id, augendo reflexionem posterioris vitri faciei, adaugeat itidem lumen annulorum coloratorum. Comperi insuper, speculum metallicum sine vitro, ad usus opticos ante hos aliquot annos factum, & optime perpolitum, nullos hujusmodi annulos exhibuisse. Indeque id intel-

Digitized by Google

tellexi, utique annulos hosce non oriri ex una sola superficie speculari; sed pendere ex ambabus superficiebus laminæ vitreæ in speculum adhibitæ, & ex eo quantæ esset crassitudinis ista lamina. Sicut enim, in VII. & XIX. observationibus primæ partis hujus libri tenuis lamella aeris, aquæ, aut vitri, quæ æquabili esset crassitudine, colorem alium exhibebat quum radii sibi essent perpendiculares; alium, quum ii aliquantum obliqui essent; alium, quum obliquiores; alium, quum adhuc obliquiores; & sic deinceps: ita hic, in sexta observatione hujus partis, radii qui emerserunt e vitro in diversis obliquitatibus, effecerunt, ut id diversos colores exhiberet; & propagati inde ad chartam in istis obliquitatibus, depinxerunt in ea similiter annulos suo quemque colore. Et sicut causa, quamobrem tenuis lamella colores diversos in diversis radiorum obliquitatibus exhiberet, ea erat; quod radii unius ejusdemque generis reflectantur a tenui lamella in una obliquitate, & transmittantur in alia radii autem aliorum generum transmittantur ubi hi reflectuntur, & reflectantur ubi hi transmittuntur: ita causa, quamobrem crassa quoque lamina vitri, sive speculum, colores varios in variis obliquitatibus exhiberet, inque istis obliquitatibus colores illos ad chartam propagaret: ea itidem erat; quod radii unius ejusdemque generis emergerent e vitro in una obliquitate, in alia autem non emergerent, sed reflecterentur a citeriore vitri facie retro ad argentum vivum; &, prout obliquitas ea major majorque fieret, emergerent iterum & reflecterentur alternis per multas vices; in una autem eademque obliquitate, radii unius generis reflecterentur, & radii aliorum generum transmitterentur. Liquet hoc ex quinta observatione hujus partis. Etenim in ea observatione, quum speculum illuminatum esset uno aliquo colorum prismaticorum; exhibuit id coloratum lumen annulos permultos in charta, eodem omnes colore, & nigris distinctos interordiniis; ac proinde id lumen, inter emergendum e speculo, transmittebatur & non transmittebatur alternis a speculo ad chartam per multas vices, pro variis nimirum emergentiæ suæ obliquitatibus. Porro, quum a prismate in speculum color alius quivis projiceretur; utique annuli in charta eo semper facti sunt colore, qui esset in speculum projectus; magnitudinemque insuper una cum colore suo immutabant: ac proinde lumen transmittebatur jam & non transmittebatur alternis a speculo ad chartam, in aliis, quam antea, obliquitatibus. Videbantur mihi itaque hi annuli consimilem plane ortum habere, ac illi in tenuibus lamellis: eo tamen discrimine, quod illi in tenuibus lamellis oriantur ex alternis reflexionibus & transmissionibus radiorum in secunda superficie lamellæ, postquam ii semel videlicet per lamellam transierint: hi autem in crassis laminis, exhibeantur per radios, qui, ante alternam istam reflexionem & transmissionem, jam bis scilicet per laminam transierint; primo nimirum, cum transirent a citeriore vitri facie ad argentum vivum; & deinde, cum redirent ab argento vivo ad eandem iterum faciem citeriorem; qua demum in superficie, vel transmittuntur ad chartam, vel reflectuntur retro ad argentum vivum; pro eo videlicet, ac in vicibus facilioris reflexionis vel facilioris transmissus tum sint, cum ad istam pervenerint superficiem. Nam in radiis quidem illis, qui in speculum incidunt ad perpendiculum, reflectunturque in eisdem perpendicularibus lineis; in illis, inquam, radiis, propter angulorum suorum linearumque incidentiæ & reflexionis æqualitatem, vicium quidem suarum intervalla intra vitrum tum longitudine tum numero paria esse debent post reflexionem, ac ante; per propositionem XIX. tertiæ partis hujus libri: ac proinde, quandoquidem omnes radii, qui ingrediuntur per primam vitri superficiem, sunt in vicibus suis facilioris transmissus tum, cum ingrediuntur; eorundem autem quotquot reflectuntur a secunda superficie, ii quidem illic in vicibus sunt facilioris reflexionis; utique iidem omnes debent iterum in vicibus suis facilioris transmissus esse tum, cum ad superficiem primam reverterint; & consequenter exire ibi e vitro ad chartam, ac depingere super ea maculam albam luminis in centro annulorum. Nam hæc quidem ratio æque valet in omnibus generibus radiorum; & consequenter radii omnium generum promiscue exire debent ad maculam illam, eamque permixtione sui omnium inter

se,

Digitized by Google

ſe, albam utique exhibere. At vero in illis radiis, qui reflectuntur obliquius quam ingrediuntur; in iis ſane vicium ſuarum intervalla majora ſint oportet poſt reflexionem quam ante, per propoſitiones XV. & XX.: unde ii quidem radii, fieri utique poteſt ut cum ad primam reverterint ſuperficiem, in certis quibuſdam obliquitatibus vices ſuas ibi habeant facilioris reflexionis, adeoque regrediantur ad argentum vivum; in aliis autem obliquitatibus intermediis, vices ſuas ibidem ſubeant facilioris iterum tranſmiſſus, adeoque exeant ad chartam, depingantque in ea annulos coloratos maculæ albæ circumjectos. Quoniam autem intervalla harum vicium, in æqualibus quidem obliquitatibus, majora ac pauciora ſunt in radiis minus refrangibilibus; minora autem ac plura in radiis magis refrangibilibus: ideo radii quidem minus refrangibiles, in æqualibus obliquitatibus, annulos pauciores efficere debent, quam radii magis refrangibiles; majores autem eos, magiſque expanſos: hoc eſt, annuli rubri ampliores eſſe debent quam flavi, flavi quam virides, virides quam cærulei, & cærulei quam violacei; quomodo ii revera quidem in V. obſervatione apparuerunt. Quocirca primus annulorum colores omnes complectentium, maculæ albæ proxime circumjectus, debet utique ruber eſſe extra, intra violaceus, & in medio flavus, viridis, ac cæruleus; quomodo is in ſecunda quidem obſervatione viſus eſt. In ſecundo autem annulo, & qui ſequuntur deinceps, iidem colores magis magiſque expanſi eſſe debent; uſquedum in ſe mutuo diffuſi, permiſceantur tandem invicem, & evaneſcant.

Hæ mihi videntur horum eſſe annulorum cauſæ ac rationes in univerſum. Hocque mihi cauſam dedit, ut diſtinctius deinceps obſervarem quanta eſſet vitri craſſitudo; & conſiderarem utrum menſuræ ac proportiones annulorum ſingulatim, vere, exinde, calculum ponendo, colligi poſſent.

OBSERVATIO VIII.

Dimenſus ſum igitur craſſitudinem vitri hujuſce concavo-convexi; invenique eam uſquequaque $\frac{1}{4}$ unciæ accurate. Jam quidem, per VI. obſervationem primæ partis hujus libri, tenuis lamella aeris tranſmittit lumen clariſſimum primi annuli, hoc eſt, lumen flavum clarum, tum cum craſſitudo ſua ſit $\frac{1}{89000}$ pars unciæ, per X. autem obſervationem ejuſdem partis, tenuis lamella vitri tranſmittit idem lumen ejuſdem annuli, tum cum craſſitudo ſua ſit minor ſecundum eam proportionem quæ eſt ſinus refractionis ad ſinum incidentiæ, hoc eſt, cum craſſitudo ſua ſit $\frac{11}{1513000}$ ſive $\frac{1}{137545}$ pars unciæ; poſito nimirum quod ſinus iſti ſint ut 11 & 17. Quod ſi hæc craſſitudo duplicetur porro, tranſmittetur jam idem lumen clarum ſecundi annuli; ſi ea triplicetur, tranſmittetur jam idem lumen tertii annuli; & ſic deinceps; lumine flavo claro in hiſce omnibus caſibus exiſtente nimirum in vicibus ſuis facilioris tranſmiſſus. Itaque ſi multiplicetur hæc craſſitudo per 34386, ut adeo evadat ea $\frac{1}{4}$ unciæ; tranſmittetur jam idem clarum lumen annuli 34386*ti*. Finge jam hoc eſſe lumen illud flavum clarum, quod tranſmitti diximus in perpendiculo ab reflectente facie convexa ſpeculi per concavam ejuſdem faciem ad maculam albam in centro annulorum coloratorum in charta: jamque, per regulam in VII. & XIX. obſervatione primæ partis hujus libri traditam, perque propoſitiones XV. & XX. tertiæ partis; ſi radii fiant obliqui ad vitrum, utique craſſitudo vitri qua idem lumen clarum ejuſdem annuli tranſmitti poſſit deinceps in quavis obliquitate, erit ad craſſitudinem illam $\frac{1}{4}$ unciæ, ut ſecans certi cujuſdam anguli, ad radium; ejus nimirum anguli, cujus ſinus ſit prima ex 106 mediis arithmeticis inter ſinus incidentiæ & refractionis, incipiendo a ſinu incidentiæ, quum nimirum refractio fiat e lamina cujuſvis ma-

materiæ in medium sibi circumjectum, id est, hoc quidem in casu, e vitro in aerem. Quod si porro vitri crassitudo ita augeatur gradatim, ut id ad primam suam crassitudinem (quæ erat videlicet $\frac{1}{4}$ unciæ,) eas dein habeat proportiones, quas habet numerus 34386 (numerus scilicet vicium radiorum perpendicularium inter transeundum per vitrum adversus maculam albam in centro annulorum,) ad 34385, 34384, 34383, & 34382 comparate, (numeros videlicet vicium radiorum obliquorum inter transeundum per vitrum adversus annulos colorum, primum, secundum, tertium, & quartum;) illa autem prima vitri crassitudo divisa sit in 100000000 partes æquales, utique crassitudines adauctæ, erunt 100002908, 100005816, 100008725, & 100011633; & anguli, quorum hæ quidem crassitudines sunt secantes, erunt 26′ 13″, 37′ 5″, 45′ 6″, & 52′ 26″, radio nimirum existente 100000000; quorum porro angulorum sinus sunt 762, 1079, 1321, & 1525; & proportionales sinus refractionis, 1172, 1659, 2031 & 2345; radio nimirum existente 100000. Nam cum sinus incidentiæ e vitro in aerem sint ad sinus refractionis, ut 11 ad 17; ad secantes autem supra dictos, ut 11 ad primam ex 106 mediis arithmeticis inter 11 & 17, hoc est, ut 11 ad $11\frac{6}{106}$; utique secantes isti erunt ad sinus refractionis ut $11\frac{6}{106}$ ad 17, & ex hac analogia dabunt adeo sinus istos. Quare si obliquitates radiorum ad concavam vitri superficiem tales sint videlicet, ut sinus refractionis ipsorum in transeundo e vitro per illam superficiem in aerem, sint 1172, 1659, 2031, & 2345; utique lumen clarum annuli 34386*ti*, emerget e vitro in iis crassitudinibus, quæ sint ad $\frac{1}{4}$ unciæ, ut 34386 ad 34385, 34384, 34383, & 34382 comparate. Proinde, si vera vitri crassitudo in hisce omnibus casibus sit (ut in speculo nostro erat) $\frac{1}{4}$ unciæ; utique lumen clarum annuli 34385*ti*, ibi emerget, ubi sinus refractionis sit 1172; & annulorum 34384*ti*, 34383*tii*, ac 34382*di*, ibi, ubi sinus iste sit 1659, 2031, & 2345 comparate. Porro in hisce angulis refractionis propagabitur horum annulorum lumen a speculo ad chartam, ibique depinget annulos ambientes maculam illam luminis albam rotundamque in centro, quæ erat (ut diximus) lumen annuli 34386*ti*. Et semidiametri horum annulorum subtendent angulos refractionis, factos in concava speculi superficie. Ideoque diametri ipsorum erunt ad distantiam chartæ a speculo, ut sinus isti refractionis duplicati, ad radium; hoc est, ut 1172, 1659, 2031, & 2345 duplicati, ad 100000. Quocirca si intervallum, quo charta distet a concava speculi superficie, sit (ut in tertia harum observationum erat) sex pedum; utique diametri annulorum hujus luminis flavi clari in charta depictorum, erunt 1′688, 2′389, 2′925, & 3′375 unciæ. Sunt enim hæ diametri ad senos pedes, ut supra dicti sinus duplicati ad radium. Jam vero hæ diametri annulorum flavorum clarorum, computando repertæ; eædem plane sunt, ac illæ quas in tertia harum observationum reperimus dimetiendo; quæ erant videlicet $1\frac{11}{16}$, $2\frac{3}{8}$, $2\frac{11}{12}$, & $1\frac{3}{8}$ unciæ. Itaque theoria, qua colliguntur horum annulorum proportiones, ex crassitudine laminæ vitreæ sive speculi, & ex obliquitate radiorum emergentium; convenit plane cum ipsis observationibus. Cæterum in hac quidem computatione, diametros clarorum annulorum quos exhibuit lumen colorum universorum, æquales statui diametris annulorum eorum quos scilicet exhibuit lumen flavum clarum: etenim ex illo flavo lumine consit pars clarissima annulorum, qui sint colorum universorum. Quod si adhæc mensuras diametrorum annulorum illorum, quos alius quivis color purus videlicet & simplex exhibeat, accurate colligere cupias; utique id facile efficere poteris, ponendo diametros istas esse ad diametros annulorum flavorum clarorum, in subduplicata proportione intervallorum vicium radiorum istis coloribus, cum nimirum radii ii omnes æqualiter inclinati sint ad superficiem refringentem vel reflectentem quæ vices istas excitarit, hoc est, ponendo diametros annulorum quos exhibent radii in extremis limitibus colorum illorum se-

Digitized by Google

ptem, rubri, aurei, flavi, viridis, cærulei, indici & violacei, utique proportionales esse radicibus cubicis numerorum illorum, $1, \frac{8}{9}, \frac{5}{6}, \frac{3}{4}, \frac{2}{3}, \frac{3}{5}, \frac{9}{16}, \frac{1}{2}$, qui denotant videlicet longitudines monochordi eas, quæ sonent notas musicas in octava. Etenim hoc pacto, diametri annulorum istis coloribus, comperientur eam quamproxime inter se habere proportionem, quam secundum quintam harum observationum plane habere debent.

Atque his quidem rationibus satis mihi visus sum comprobasse, annulos hosce ejusdem esse generis eundemque ortum habere, ac illos, qui in tenuibus visi fuerant lamellis; & consequenter dispositiones radiorum sive vices illas alternas facilioris reflexionis faciliorisque transmissus, propagari utique ab omni reflectente & refringente superficie ad longa usque intervalla. Nihilo tamen minus, ne hæc res ullam videretur habere posse dubitationem, sequentem observationem insuper adjeci.

OBSERVATIO IX.

Si annuli isti pendent (uti dictum est) ex crassitudine laminæ vitri: diametri ipsorum in æqualibus distantiis a diversis speculis sive vitri laminis concavo-convexis talibus, quæ sint ad eandem sphæram tornatæ, debebunt esse reciproce in subduplicata proportione crassitudinum laminarum ipsarum vitri. Quare si in eis illa proportio experiundo fuerit comperta; erit sane perfecte absoluta demonstratio, annulos hosce (sicuti & illos in tenuibus lamellis exhibitos) pendere ex vitri crassitudine. Comparabam mihi igitur aliam vitri laminam concavo-convexam, ad eandem sphæram, ac erat prior lamina, utraque sui facie tornatam. Ejus crassitudo erat $\frac{5}{62}$ partes unciæ; & diametri trium primorum annulorum clarorum, qua parte lucidissimæ essent ipsorum orbitæ, erant, intervallo quidem sex pedum a vitro, unciarum 3, $4\frac{1}{6}$, & $5\frac{1}{8}$. Jam quidem crassitudo prioris vitri, utique $\frac{1}{4}$ unciæ, erat ad hujus crassitudinem, ut $\frac{1}{4}$ ad $\frac{5}{62}$, hoc est, ut 31 ad 10, vel 310000000 ad 100000000; quorum quidem numerorum radices, sunt 17607 & 10000. Quam autem proportionem habet prima harum radicum ad secundam; eandem habent 3, $4\frac{1}{6}$, & $5\frac{1}{8}$, nempe diametri annulorum clarorum exhibitorum in hac observatione a vitro tenuiori; ad $1\frac{11}{16}$, $2\frac{1}{8}$, & $2\frac{11}{12}$, diametros scilicet eorundem annulorum sunt reciproce in subduplicata proportione crassitudinum laminarum ipsarum vitri.

Itaque in laminis vitri, quæ quidem similiter concavæ sint ex una sui facie, & similiter convexæ ex altera, & argento vivo facies suas convexas similiter obtectæ, nihilque plane præterquam crassitudine sola inter se differant; diametri annulorum sunt reciproce in subduplicata proportione crassitudinum laminarum ipsarum. Atque hinc satis quidem apparet, pendere utique annulos ex utrisque vitri superficiebus. Pendent nimirum ex convexa superficie; quia lucidiores sunt quum ea superficies argento vivo obtecta sit, quam quum nuda. Pendent itidem ex concava superficie; quia in speculo, quod tali superficie careat, ii nulli sunt. Pendent denique ex ambabus superficiebus, earumque distantia inter se; quia, variata solummodo illa distantia, variatur itidem & annulorum magnitudo. Hoc autem, quod pendeant annuli isto modo ex ambabus vitri superficiebus, simile plane est ac quæ supra dicta sunt de eo quemadmodum colores tenuium laminarum pendeant ex superficierum suarum binarum distantia inter se: quippe & magnitudo horum annulorum, eorumque proportio inter se, item magnitudinis suæ variatio ex vitri crassitudinis variatione orta, colorumque suorum ordo, talia plane sunt, qualia oriri utique debent ex propositionibus in fine tertiæ partis hujus libri subjunctis; quæ nimirum propositiones deductæ erant ex phænomenis colorum tenuium lamellarum in prima parte descriptis.

Alia adhuc sunt aliqua annulorum horum coloratorum phænomena: verum sequuntur

Digitized by Google

tur ea omnia ex iisdem propositionibus : ideoque confirmant cum veritatem propositionum istarum , tum analogiam quæ est inter hosce annulos & illos in tenuibus lamellis exhibitos . Nonnulla phænomenorum istorum hic subjungam.

OBSERVATIO X.

Quum Solis luminis radius reflecteretur a speculo, non directo ad foramen in fenestra , sed ad locum parvo inde intervallo distantem ; centrum commune maculæ albæ ante dictæ , & annulorum omnium coloratorum incidit in medio intervallo inter radium luminis incidentis & radium luminis reflexi ; & consequenter in ipso adhuc centro sphæricæ concavitatis speculi, quandocumque charta , qua annuli colorati excipiebantur, posita esset in eo centro. Pro eo autem, ut radius luminis reflexi, inclinando videlicet speculum , recedebat magis magisque a radio luminis incidentis, & a communi centro annulorum coloratorum inter duos istos radios interjacente ; ita annuli illi in amplitudinem perpetuo excrescebant , itemque macula illa alba rotunda : & novi annuli colorati emergebant ordine e centro ipsorum communi ; & macula illa alba facta est albus annulus novis illis annulis circumjectus ; & radii luminis incidens ac reflexus , semper incidebant in partes annuli istius albi sibi invicem e diametro oppositas , ibique in ejus circuitu speciem duorum parheliorum , qualia in corona Solem ambiente nonnunquam videntur , lumine suo exhibebant . Itaque diameter istius annuli , pertingens videlicet a medio luminis ejus ex una parte ad medium luminis ejus ex altera parte , semper æqualis erat intervallo ei , quod inter mediam partem radii incidentis & mediam partem radii reflexi interjaceret , dimenso nimirum super charta in qua annuli videbantur . Porro radii qui annulum istum formabant, reflectebantur a speculo in angulis qui essent æquales angulis suis incidentiæ, & consequenter angulis suis refractionis, qua ingrediebantur in vitrum : attamen anguli sui reflexionis non erant in eodem plano cum angulis suis incidentiæ.

OBSERVATIO XI.

Colores novorum annulorum contrario erant ordine dispositi , ac primorum . Oriebantur autem hoc modo . Macula luminis alba rotunda in medio annulorum , permansit alba ad usque centrum ; usquedum intervallum id , quo radii incidens & reflexus distabant inter se in charta , factum esset circiter $\frac{7}{8}$ unciæ ; tumque deinde macula ea , tenebrosa fieri cœpta est in media sui parte . Cum autem illud radiorum intervallum factum esset porro circiter $1\frac{1}{16}$ unciæ ; tum macula ista alba fiebat deinceps annulus , ambiens scilicet maculam rotundam tenebrosam, quæ in media sui parte colorem ipsa trahere cœpit violaceum atque indicum . Annuli autem lucidi, maculam hanc novam ambientes, facti erant jam æquales annulis illis tenebrosis , qui in quatuor primis observationibus hosce ipsos singuli singulos proxime ambierant ; hoc est, macula alba erat jam factus annulus albus , æqualis primo annulorum illorum tenebrosorum ; & primus annulorum illorum lucidorum , factus erat jam æqualis ei, qui fuerat secundus tenebrosorum ; & secundus annulorum illorum lucidorum , æqualis jam ei , qui fuerat tertius tenebrosorum ; & sic deinceps. Etenim diametri annulorum lucidorum , erant jam $1\frac{3}{16}$, $2\frac{1}{16}$, $2\frac{2}{3}$, $3\frac{1}{20}$, &c. unciæ.

Quum radiorum incidentis ac reflexi distantia inter se , paulo adhuc major esset facta; emergebat deinde e medio maculæ nigræ jam dictæ, post colorem illum indicum, cæruleus ; & deinceps ex eo cæruleo , viridis pallescens ; brevi autem postea, flavus quoque & ruber. Cumque color ad centrum clarissimus esset , nempe inter flavum ac rubrum ; utique annuli lucidi æquales tum erant facti annulis lucidis illis, qui in quatuor primis observationibus hosce proximo deinceps ordine sin-

Digitized by Google

guli singulos ambierant; hoc est, macula alba in medio annulorum illorum, factus erat jam annulus albus, æqualis primo annulorum illorum lucidorum; & primus annulorum illorum lucidorum, æqualis jam ei qui fuerat eorundem secundus; & sic deinceps. Etenim diametri annuli albi, cæterorumque annulorum lucidorum ei circumjectorum, erant jam circiter $1\frac{11}{16}$, $2\frac{1}{8}$, $2\frac{11}{12}$, $3\frac{1}{8}$, &c. unciæ.

Quum radiorum incidentis ac reflexi distantia inter se in charta, paulo etiam adhuc major esset facta; emergebant deinde ordine e centro, post colorem rubrum antedictum; purpureus, cæruleus, viridis, flavus, & ruber multum admodum purpurascens. Cumque color in centro clarissimus esset, nempe inter flavum ac rubrum; utique priores colores, indicus, cæruleus, viridis, flavus, & ruber, facti erant jam iris sive annulus coloratus, æqualis primo annulorum illorum lucidorum, qui in quatuor primis observationibus apparuerant; & annulus albus supra memoratus, qui jam erat secundus annulorum lucidorum, æqualis erat factus secundo priorum illorum annulorum lucidorum; & primus annulorum illorum lucidorum, qui jam erat tertius, æqualis erat factus ei qui fuerat tertius illorum; & sic deinceps. Etenim diametri eorum, erant jam $1\frac{11}{16}$, $2\frac{1}{8}$, $2\frac{11}{12}$, $3\frac{1}{8}$, &c. unciæ. Distantia autem duorum luminis radiorum inter se, & diameter annuli albi, erant $2\frac{1}{8}$ unciæ.

Quum horum duorum radiorum distantia inter se usque etiam adhuc major esset facta; emergebat deinde e medio rubri purpurascentis, primo macula rotunda obscurior; postea autem, e medio hujus, alia macula clarior. Jamque colores illi proxime antecedentes (purpureus, cæruleus, viridis, flavus, & ruber purpurascens,) facti erant annulus æqualis primo annulorum illorum lucidorum in quatuor primis supra observationibus memoratorum; annulique huic circumjecti, æquales annulis illi circumjectis, comparate. Distantia autem duorum luminis radiorum inter se, & diameter annuli albi, (qui jam tertius erat factus annulus,) erant circiter 3 unciarum.

Posthæc, colores annulorum in medio, valde diluti cœpti sunt videri. Et, si distantia duorum illorum luminis radiorum inter se, adhuc semuncia, vel uncia adjecta, major usque esset facta; utique annuli isti in medio evanescebant penitus; permanente tamen aliquandiu annulo albo antedicto, una cum singulis binisve annulorum sibi utrinque proxime adjacentium. Verum si duorum radiorum luminis distantia illa inter se etiam adhuc major esset facta; jam & hi quoque annuli evanescebant. Nam lumen quod e diversis partibus foraminis in fenestra, incidebat in speculum in diversis angulis incidentiæ; fecit jam annulos diversarum magnitudinum, qui sese invicem diluebant expungebantque. Id quod intellexi, intercipiendo partem aliquam istius luminis. Etenim quum ea illius pars intercepta esset, quæ propius distaret ab axe speculi; annuli continuo videbantur contractiores: quum pars ea, quæ longius ab isto axe distaret; videbantur ii magis dilatati.

OBSERVATIO XII.

Cum colores prismate exhibiti projicerentur per vices super speculum, annulus ille, qui in duabus proxime præmissis observationibus albus fuerat, una jam eademque magnitudine erat in omnibus coloribus. At annuli extra eum jacentes, majores quidem erant in colore viridi quam in cæruleo, in flavo adhuc majores, maximique omnium in rubro; & e contrario, annuli intra eum jacentes, minores erant in colore viridi quam in cæruleo, in flavo adhuc minores, minimique omnium in rubro. Etenim in illo quidem albo annulo; quoniam anguli reflexionis radiorum, æquales essent angulis suis incidentiæ; utique radii cujusque reflexi vices intra vitrum post reflectendum, æquales erant tum longitudine tum numero, vicibus ejusdem radii intra vitrum ante incidendum in superficiem reflectentem: ac proinde, quando omnes quidem radii omnium generum, tum cum in vitrum ingrederentur, erant in vice sua facilioris transmissus; utique erant itidem in vice facilioris

ris

ris transmissus tum, cum ad eandem superficiem post reflectendum revertissent; & consequenter transmittebantur iterum, exibantque ad annulum album super charta. Atque hæc quidem causa est, quamobrem annulus ille unam eandemque haberet magnitudinem in singulis coloribus, & in permixtione universorum albus appareret. Atqui in aliis annulis, quorum quidem radii aliis reflectuntur angulis; utique radii minime refrangibiles, quoniam vicium suarum intervalla maxima habent, efficiunt ut annuli, qui sint suo colore, grandioribus quam cæteri augeantur vel minuantur intervallis, in progressione sua utroque, ab annulo illo albo, sive ad exteriora versus, sive ad interiora; adeoque annuli isto colore, maximi sint extra, intra autem minimi. Atque hæc quidem causa est, quamobrem in observatione proxime præmissa, cum speculum illuminatum esset lumine albo, annuli exteriores, coloribus universis exhibiti, apparerent rubri extra, & cærulei intra; interiores autem, cærulei extra, & rubri intra.

Hæc sunt phænomena crassiorum vitri laminarum concavo-convexarum, quæ quidem una eademque usquequaque sint crassitudine. Alia sunt earundem phænomena, cum eæ paulo crassiores sint ex una parte quam ex altera; & alia adhuc, cum eæ magis minusve concavæ sint quam convexæ, vel cum sint plano-convexæ, vel utrinque convexæ. Etenim in istis omnibus casibus, exhibent eæ annulos quidem coloratos; sed varia ratione. Quæ quidem omnia, quatenus ego quidem adhuc observaverim, consequuntur ex propositionibus in fine tertiæ partis hujus libri subjunctis; adeoque ad veritatem propositionum istarum confirmandam faciunt. Verum enimvero phænomena illa multipliciora sunt; & computationes, quibus ea ex dictis propositionibus deducuntur, perplexiores; quam ut ea hoc in loco amplius persequar. Satis habebo hanc materiam eatenus me in præsenti esse prosecutum, ut, quibus quidem ex causis id genus phænomena oriuntur, invenerim; hocque inveniendo, propositiones in tertia parte hujus libri traditas satis confirmarim.

OBSERVATIO XIII.

Ut lumen reflexum a lente argento vivo faciem suam posteriorem obtecta, exhibet annulos colorum supra descriptos; ita id, transeundo itidem per guttam aquæ, similes colorum annulos efficere debet. Nempe, inter primam reflexionem radiorum intra guttam; colorum alii transmitti debent, sicuti in lente; alii autem, reflecti ad oculum. Exempli gratia: Si diameter guttulæ sive globuli aquæ, sit circiter 500*ma* pars unciæ; ut adeo radius ruber, inter transeundum per medium istum globulum, habeat intra globulum 250 vices facilioris transmissus; radii autem rubri omnes, qui radium illum medium certo interjecto intervallo ambiunt circumcirca, habeant intra globulum 249 vices; similesque radii omnes, majori quodam circumcirca interjecto intervallo, habeant 248 vices; radiique similes, adhuc majori quodam circumcirca interjecto intervallo, 247 vices; & sic deinceps: utique concentrici hi radiorum circuli, post transmissionem suam, incidentes in chartam albam, depingent in ea circulos rubros concentricos; ita quidem, si id luminis, quod per unum solum globulum transmittatur, satis forte sit ut sensu percipi queat: &, simili ratione, radii aliorum colorum annulos itidem aliorum colorum exhibebunt. Finge jam, die sereno, Solem collucere per tenuem nubeculam ex istiusmodi globulis aquæ vel grandinis constantem; globulosque istos eadem esse omnes magnitudine; jamque Sol per nubeculam istam conspectus, cinctus utique videbitur concentricis colorum annulis, talibus ac diximus; eritque diameter primi annuli rubri, graduum $7\frac{1}{4}$; secundi, graduum $10\frac{1}{4}$; & tertii, 12, 33′; & pro eo ut aquæ globuli majores minoresve fuerint, ita hi quoque annuli majores erunt facti vel minores. Hæc quidem est theoria: eique optime congruit experientia. Etenim mense Junio 1692, vidi per reflexionem in vase aquæ stagnantis, tres Halos, coronas, sive annulos coloratos circum Solem, speciem præbentes trium parvarum iridum, idem cum Sole centrum habentes. Colores primæ sive interioris coronæ

Digitized by Google

ſive Halo, erant cæruleus intra adverſus Solem, ruber extra, & albus in medio inter cæruleum ac rubrum. Colores ſecundæ erant purpureus ac cæruleus intra, extra ruber palleſcens, & viridis in medio. Colores tertiæ erant cæruleus palleſcens intra, & extra ruber palleſcens. Hæ coronæ erant ſibi invicem proxime circumjectæ; adeo ut colores ipſarum a Sole extrorſum, hoc eſſent continenter ordine diſpoſiti: cæruleus, albus, ruber; purpureus, cæruleus, viridis, flavus palleſcens, ruber; cæruleus palleſcens, & ruber palleſcens. Diameter ſecundæ coronæ, dimenſa ab uſque medio flavi ac rubri ex una parte Solis, ad medium ejuſdem coloris ex altera parte, erat graduum $9\frac{1}{3}$ circiter. Ad diametros primæ atque tertiæ dimetiendas, ſpatium temporis non habui: videbatur autem diameter primæ eſſe circiter 5 aut 6 graduum; & tertiæ circiter 12. Harum ſimiles coronæ, videntur nonnunquam & circum Lunam; nam in principio Anni 1664, Feb. XIX., veſperi, duas iſtiuſmodi coronas Lunam ambientes conſpicatus ſum. Diameter primæ, ſive interioris, erat circiter trium graduum; & ſecundæ quinque graduum cum dimidio. Proxime circum Lunam circulus erat albus; quem deinceps ambiebat corona interior, quæ intra (proxime circulum illum album) colore erat viridi ſubcæruleo, flavo autem ac rubro extra; hancque demum ambiebat corona exterior, quæ colore erat cæruleo ac viridi intra, extra autem rubro. Videbatur quoque eodem tempore Halos, intervallo graduum circiter 22, 35′, a centro Lunæ. Erat ea elliptica; ejuſque diameter longior perpendicularis erat horizonti, in inferiore ſui parte diſcedens longius a Luna. Audivi narratum, tres pluresve interdum coronas colorum concentricas Lunam ex ordine proxime ambire viſas fuiſſe. Utique quo magis æquales fuerint inter ſe globuli antedicti aquæ vel glaciei; eo plures apparere debebunt colorum coronæ, eoque clariores videbuntur ipſarum colores. Cæterum Halos illa, quæ Lunam intervallo graduum $22\frac{1}{2}$ ambiebat, alius eſt generis. Equidem ex eo, quod illa elliptica eſſet, longiuſque a Luna diſcederet in inferiore ſui parte quam in ſuperiore; colligere mihi videor, productam fuiſſe eam refractione in grandine aliqua vel nive aeri innatante, & ſitu quidem ad horizontem parallelo diffuſa; angulo refringente exiſtente nimirum graduum circiter 58 vel 60.



OPTI-

Digitized by Google

O P T I C E S
LIBER TERTIUS.

Observationes circa inflexiones radiorum luminis, & colores inde generatos.



Bservavit *Grimaldus*, si Solis luminis radius immittatur in cubiculum tenebricosum per foramen perexiguum; futurum ut umbræ corporum in isto lumine positorum latiores sint, quam deberent utique esse, si radii in rectis lineis prope corporum istorum extrema transirent; itemque umbras istas ternis inter se parallelis luminis colorati limbis, fasciolis, sive ordinibus, fimbriatas visum iri: verum si id foramen largius sit factum; tum fimbrias illas in latitudinem se laxare; & inter se permisceri invicem, ut adeo discerni amplius haud queant. Existimarunt nonnulli, umbras hasce latiores, fimbriasque coloratas, ortum suum habere ex consueta aeris refractione. At hi quidem de re haud satis explorata judicarunt: etenim circumstantiæ hujusce phænomeni, quatenus ego quidem eas observaverim, hujusmodi fuerunt.

OBSERVATIO I.

In lamella plumbea foramen exiguum acicula feci, cujus latitudo esset $\frac{1}{42}$ unciæ: nam 21 quidem ejusmodi acicularum in ordinem compositæ, semunciam explebant latitudine. Per id foramen immisi in cubiculum meum tenebricosum, Solis luminis radium; comperique umbras capillorum, filorum, acicularum, stramenti, aliorumque id genus parvorum corporum, in illo luminis radio positorum multo esse latiores, quam deberent utique esse, si radii luminis prope corporum istorum extrema in lineis rectis transirent: & nominatim capillum humanum, cujus latitudo esset duntaxat $\frac{1}{280}$ unciæ, in illo lumine collocatum, intervallo circiter duodecim pedum a foramine, umbram projecisse, quæ, intervallo quatuor unciarum a capillo, haberet in latitudinem $\frac{1}{60}$ partem unciæ, hoc est, amplius quatuor partibus latior esset quam ipse capillus; intervallo autem duorum pedum a capillo, haberet in latitudinem circiter $\frac{1}{28}$ unciæ, hoc est, decem partibus latior esset quam ipse capillus; & intervallo decem pedum, haberet in latitudinem $\frac{1}{8}$ unciæ, hoc est, 35 partibus latior esset quam ipse capillus.

Nec refert utrum capillus aere circundatus sit, an alia quavis materia pellucida. Etenim, cum laminam vitream perpolitam madefecissem, capillumque in aqua super id vitrum posuissem, aliamque deinde laminam vitream perpolitam superimposuissem, ut adeo aqua repleret id omne spatii quod inter vitra interjaceret; tenui laminas hasce in radio luminis antedicto, ita ut lumen per vitra ad perpendiculum transiret; jamque umbra capilli, iisdem iterum interjectis intervallis, eandem, ac ante, magnitudinem habebat. Porro rasuræ, quæ forte in politis vitri laminis inessent, umbras itidem projiciebant, multo utique quam fieri debuit, latiores: itemque venæ in ejusmodi politis vitri laminis, umbras latiores similiter projiciebant. Quare nimia harum umbrarum latitudo, non ex aeris scilicet refractione, sed omnino ex alia aliqua causa oriatur necesse est.

Sit igitur circulus X, (*Fig.* 1. *Tab. I.*) capilli pars media: A D G, B E H, & C F I, tres radii, transeuntes prope unum latus extremum capilli, in diversis distantiis: K N Q, L O R, & M P S, alii tres radii, transeuntes prope alterum latus extremum capilli, in similibus distantiis: D, E, F, & N, O, P, loca ubi

radii

Digitized by Google

radii inflectuntur inter transeundum prope capillum: G, H, I, & Q, R, S, loca ubi radii incidunt in chartam G Q: I S, latitudo umbræ capilli projectæ in chartam: & T I, V S, duo radii, transeuntes sine inflectendo, (quum nimirum capillus submotus sit,) ad puncta I & S. Jam quidem manifestum est, lumen id omne, quod inter binos illos radios T I & V S intervenit, inflecti inter transeundum prope capillum, & detorqueri ex umbra I S. Quippe siqua pars ejus luminis non inflecteretur; incideret utique in chartam intra illam umbram, eamque ibi illuminaret; contra, quam experientia comperimus. Et quoniam, quando charta magno intervallo distet a capillo, umbra valde lata est; ideoque radii T I & V S, magno intervallo distant inter se: sequitur utique capillum agere in radios luminis etiam majusculo quidem interjecto intervallo præter se transeuntes. At vero agit is fortius in radios propius se transeuntes; eaque actio ita languescit gradatim, prout radii majoribus interjectis intervallis transeunt; quomodo rem in schemate expressam habes. Etenim hinc fit, ut umbra capilli multo latior sit, pro ratione quidem distantiæ chartæ a capillo, tum quum charta propius a capillo distet, quam quum longius.

OBSERVATIO II.

Umbræ corporum omnium, (metallorum, lapidum, vitri, ligni, cornu, glaciei, &c.) in hoc lumine collocatorum, fimbriatæ erant ternis inter se parallelis luminis colorati limbis, sive fasciis; quarum quidem fimbriarum ea, quæ esset umbræ contigua, latissima erat ac luminosissima; quæ autem ab umbra maxime distaret, ea & angustissima erat, tamque debilis, ut ægre cerni potuerit. Colores ipsarum difficile erat discernere & distinguere inter se; nisi quum lumen exciperetur valde oblique charta lævi, vel alio aliquo corpore albo, æquo ac plano; quod scilicet efficeret ut ii multo, quam alioqui, latiores apparerent. Tumque colores manifesto se exhibebant conspiciendos, hoc ordine. Prima sive interior fimbria, colore erat violaceo ac cæruleo saturo proxime umbram; deinceps cæruleo claro, viridi, ac flavo, in media sui parte; & rubro, extra. Secunda fimbria ferme contigua erat primæ; & tertia, secundæ: ambæ autem, cæruleæ erant intra, & flavæ rubræque extra; verum colores ipsarum languidi erant admodum, tertiæ præsertim. Colores itaque ab usque umbra, hoc erant ordine dispositi; violaceus, indicus, cæruleus pallescens, viridis, flavus, ruber; cæruleus, flavus, ruber; cæruleus pallescens, flavus pallescens, & ruber. Umbræ bullularum & rasurarum, quæ forte in politis laminis vitri inessent, erant itidem similibus luminis colorati limbis fimbriatæ. Item, si laminæ vitreæ, quales ad specula solent adhiberi, sectæ in obliquum prope extrema sua, collocentur in antedicto luminis radio; utique id lumen, quod per parallelas transibit vitri facies, fimbriatum erit istiusmodi colorum limbis, qua parte eæ planæ facies committuntur cum planitie illa in obliquum secta; hocque pacto apparebunt nonnunquam quatuor vel quinque fimbriæ colorum. Sint videlicet A B, C D. (*Fig.* 2. *Tab. I.*) facies speculi parallelæ; & B D, planities secta in obliquum, quæ scilicet cum facie A B in angulo valde obtuso committatur ad B. Transeat jam id omne lumen, quod inter radios E N I & F B M intervenit, recta per planas vitri facies inter se parallelas, incidatque in chartam inter I & M; quodque inter radios G O & H D intervenit, refringatur id omne per planitiem B D in obliquum sectam, incidatque in chartam inter K & L. Jamque lumen id, quod transit recta per planas vitri facies inter se parallelas, inciditque in chartam inter I & M; fimbriatum erit tribus pluribusve limbis colorum, ad M.

Simili denique ratione, siquis Solem per plumam vel tæniam nigram oculo proxime applicatam intueatur; videbit is multos arcus coloratos; umbris nimirum, quas fibræ vel fila illa tenuia in tunicam retinam projiciunt, ejusmodi fimbrias colorum sibi adjunctas habentibus.

Digitized by Google

OBSERVATIO III.

Quum capillus distaret a foramine intervallo duodecim pedum; incideretque umbra ejus oblique in planam albamque scalam unciarum partiumque unciæ, ultra capillum intervallo semipedali collocatam; itemque eadem umbra exciperetur deinceps ad perpendiculum super eadem scala, interjecto pedum novem intervallo: dimensus sum latitudinem umbræque & fimbriarum, quam potui accuratissime; invenique eas partibus unciæ descriptas, hujusmodi esse.

	Intervallo semipedali.	*Intervallo novempedali.*
Latitudo umbræ.	$\frac{1}{54}$	$\frac{1}{9}$
Spatium quod inter medias partes luminis clarissimi fimbriarum interiorum ex utraque parte umbræ sitarum interjaceret.	$\frac{1}{38}$ vel $\frac{1}{39}$	$\frac{7}{50}$
Spatium quod inter medias partes luminis clarissimi fimbriarum mediarum ex utraque parte umbræ sitarum interjaceret.	$\frac{1}{23\frac{1}{2}}$	$\frac{4}{17}$
Spatium quod inter medias partes luminis clarissimi fimbriarum exteriorum ex utraque parte umbræ sitarum interjaceret.	$\frac{1}{18}$ vel $\frac{1}{18\frac{1}{2}}$	$\frac{3}{10}$
Spatium quod inter medias partes luminis clarissimi fimbriarum primæ & secundæ interjaceret.	$\frac{1}{120}$	$\frac{1}{21}$
Spatium quod inter medias partes luminis clarissimi fimbriarum secundæ & tertiæ interjaceret.	$\frac{1}{170}$	$\frac{1}{31}$
Latitudo partis lucidç (scilicet colorum viridis, albi, flavi, ac rubri,) fimbriæ primæ.	$\frac{1}{170}$	$\frac{1}{32}$
Latitudo spatii obscurioris, inter fimbrias primam & secundam.	$\frac{1}{240}$	$\frac{1}{45}$
Latitudo partis lucidæ, fimbriæ secundæ.	$\frac{1}{290}$	$\frac{1}{55}$
Latitudo spatii obscurioris, inter fimbrias secundam & tertiam.	$\frac{1}{340}$	$\frac{1}{63}$

Has

Digitized by Google

Has mensuras collegi, excipiendo umbram capilli adeo oblique super scalam intervallo semipedali objectam, ut illa duodecim partibus latior appareret, quam cum ad perpendiculum in eandem scalam eodem interjecto intervallo incideret; tumque deinceps inscribendo in tabula, partes duodecimas latitudinum eo modo observatarum.

OBSERVATIO IV.

Quum umbra fimbriæque projicerentur oblique super corpus album, æquum atque planum; idque corpus ab capillo removeretur gradatim; fimbria prima sensu percipi cœpta est, clariorque lumine reliquo videri, intervallo minore quam quartæ partis unciæ unius ab capillo; & linea obscura, sive parva umbra inter primam illam & secundam fimbriam, cerni cœpta est intervallo minore quam tertiæ partis unciæ. Fimbria secunda sub aspectum venire cœpit, intervallo minore a capillo quam unciæ dimidiatæ; & umbra inter secundam illam ac tertiam fimbriam, intervallo minore quam unciæ integræ; & tertia ipsa fimbria, intervallo minore quam trium unciarum. Majoribus deinceps interjectis ab capillo intervallis, multo adhuc manifestius sub sensum ceciderunt hæ fimbriæ; attamen easdem quam proxime latitudinum suarum intervallorumque retinebant proportiones, ac quum apparerent primum. Etenim distantia inter mediam partem primæ fimbriæ, ac secundæ ad distantiam inter mediam partem secundæ, ac tertiæ erat, ut tria ad duo, vel decem ad septem. Harumque duarum distantiarum posterior æqualis erat latitudini luminis clari, sive partis luminosæ, fimbriæ primæ. Eaque latitudo ad latitudinem luminis clari fimbriæ secundæ erat, ut septem ad quatuor; & ad intervallum obscurum fimbriarum primæ ac secundæ, ut tria ad duo; & denique ad simile intervallum obscurum fimbriarum secundæ ac tertiæ, ut duo ad unum. Videbantur enim fimbriarum latitudines esse in progressione numerorum, 1, $\sqrt{\frac{1}{3}}$, $\sqrt{\frac{1}{5}}$; earumque intervalla in eadem esse progressione, ac ipsæ; hoc est, fimbriæ ipsæ, simulque earum intervalla, esse in continua progressione numerorum 1, $\sqrt{\frac{1}{2}}$, $\sqrt{\frac{1}{3}}$, $\sqrt{\frac{1}{4}}$, $\sqrt{\frac{1}{5}}$, quamproxime. Atque hæ quidem proportiones eædem fere permanserunt, in omnibus distantiis a capillo. Nam intervalla obscura fimbriarum, pro ratione quidem latitudinis fimbriarum ipsarum, æque lata erant tum cum primum apparerent, ac quum postea longe distarent a capillo; quamvis non æque tenebrosa utique & distincta.

OBSERVATIO V.

Cum Sol in cubiculum meum tenebricosum per foramen $\frac{1}{4}$ unciæ latum colluceret; collocavi, interjecto duorum triumve pedum intervallo, plagulam chartæ conspissatæ, denigratam ex utraque sui parte, & in cujus medio foramen erat quadratum circiter $\frac{1}{4}$ unciæ quoquoversus, per quod radius Solis transmitteretur. Tum deinde ad id foramen laminam cultri præacuti chartæ isti conspissatæ ita agglutinavi pice, ut ea luminis per foramen transmissi partem aliquam interciperet. Erant autem plana chartæ conspissatæ & laminæ cultri, parallela inter se, & radiis luminis ad perpendiculum objecta. Jamque cum hæc ita essent collocata, ut nihil luminis in ipsam chartam conspissatam incideret, sed transmitteretur radius totus per foramen ad cultrum; ibique partim incideret in laminam cultri, partim prope aciem ejus transiret; excepi luminis partem eam, quæ prope aciem cultri transierat, super charta alba deinceps, intervallo duorum triumve pedum, ultra cultrum collocata: ibique vidi duas luminis languidioris radiationes, utroque versus e luminis radio illo in umbram, tanquam caudas cometarum, se emittentes. Verum, quoniam directum Solis lumen, nimia sua claritate super chartam, obscurabat languidiores

Digitized by Google

hasce radiationes, adeo ut ægre eas discernere potuerim; pertudi adhuc & hanc chartam, ut Solis lumen & illic per parvum foramen transmissum, incideret demum in pannum nigrum ulterius collocatum; jamque binas illas radiationes super charta, manifesto admodum sum conspicatus. Erant hæ consimiles plane inter se; & propemodum pares etiam longitudine ac latitudine, & quantitate luminis. Lumen ipsarum, qua parte id directo Solis lumini adjacebat, satis erat forte, circiter ad $\frac{1}{4}$ vel $\frac{1}{3}$ unciæ; indeque, pro eo ac a directo illo lumine recedebat, minuebatur gradatim, usquedum penitus ad sensum evanesceret. Tota longitudo utriusvis harum radiationum, dimensa super chartam intervallo trium pedum a cultro, erat circiter sex vel octo unciarum; adeoque subtendebat angulum ad aciem cultri, circiter 10 vel 12 vel summum 14 graduum. Nonnunquam tamen videbar mihi videre, lumen ipsarum ad tres vel quatuor gradus adhuc ulterius se emittere; verum adeo valde languidum illud, ut & id vix discernere potuerim, & etiam suspicatus sim insuper, posse id forsitan oriri (ex parte saltem) alia aliqua ex causa, quam duas ipsas videlicet radiationes. Etenim collocans oculum meum eo in lumine, ultra extremitatem radiationis illius quæ esset post tergum cultri; oculumque dirigens ad cultrum; discernere poteram in acie ejus, lineam quandam luminosam: idque non modo cum oculus meus in eadem situs esset linea cum ipsis radiationibus illis; verum etiam cum extra lineam illam positus esset, sive ad mucronem cultri, sive ad manubrium versus. Videbatur linea illa luminosa, contigua esse aciei cultri; angustiorque erat, quam lumen fimbriæ interioris; & angustissima quidem tum est visa, cum oculus meus a directo lumine longissime distaret; ideoque transire videbatur inter lumen fimbriæ illius interioris, ac aciem ipsam cultri; quæque ejus pars proxime aciem transiret, eam judicavi esse maxime inflexam, quanquam non quidem omnem.

OBSERVATIO VI.

Collocavi alium cultrum prope priorem, ita ut acies ipsorum parallelæ essent inter se, & invicem obversæ; radiusque luminis incideret in ambos simul cultros, cujusque pars aliqua inter acies ipsorum transmitteretur. Cumque acies ipsorum distarent jam inter se circiter $\frac{1}{400}$ parte unciæ; radius inter acies transmissus dispertivit se medium in binas partes, umbramque reliquit binis istis sui partibus interjacentem. Umbra illa adeo nigra erat & tenebrosa, ut lumen id omne prorsus, quod inter cultros transiret, inflexum videretur, & vel in hanc vel in illam partem detortum. Et prout cultri ad se invicem propius admoverentur; ita umbra illa latior erat facta, radiationesque antedictæ contrahebant sese in brevitatem ab interioribus suis extremitatibus propius umbram; donec, cum cultri tandem se inter se contingerent, lumen totum penitus evanesceret in umbram.

Atque hinc quidem id colligo; utique luminis illud, quod est minus inflexum, proficisciturque ad interiores radiationum extremitates, transire videlicet præter cultrorum acies majusculo interjecto intervallo; idque intervallum, tum quum umbra inter binas illas radiationes apparere incipit, esse circiter $\frac{1}{800}$ partem unciæ: quod autem luminis transit propius & propius acies cultrorum; id utique magis adhuc magisque esse inflexum, proficiscique ad eas videlicet radiationum partes, quæ sint a directo lumine longius longiusque remotæ; quippe, quando cultri ad se invicem propius admoveantur usque dum contingant plane inter se, eæ semper radiationum partes evanescunt postremæ, quæ fuerint a directo lumine maxime remotæ.

OBSERVATIO VII.

In quinta observatione, fimbriæ non apparebant; sed, propter nimiam foraminis in fenestra latitudinem, adeo latæ erant factæ, ut sibi invicem intermiscerentur, adeo-

Digitized by Google

adeoque in unum coirent continuum lumen in principio radiationum. Verum in sexta observatione, prout cultri ad se mutuo admoverentur propius, paulo antequam umbra inter binas radiationes appareret, cerni cœptæ sunt fimbriæ ab interioribus extremitatibus radiationum ex utraque parte directi luminis; tres videlicet ex una parte, factæ ab acie unius cultri; & tres ex altera parte, factæ ab acie alterius cultri. Distinctissimæ tum erant, cum cultri a foramine in fenestra maximo distarent intervallo; & quanto angustius factum esset id foramen, tanto adhuc distinctiores videbantur istæ fimbriæ; adeo ut, ultra ternas supra memoratas, cernere nonnunquam potuerim languidum aliquod indicium etiam quartæ. Porro, pro eo ac cultri propius ad se invicem admoverentur; ita fimbriæ distinctiores perpetuo ampliores que evadebant, usquedum evanescerent. Prima omnium evanescebat fimbria exterior, deinde media, postremo interior. Cumque omnes porro evanuissent; lineaque luminosa intermedia, valde lata esset facta, extendens sese utroque in radiationes illas in quinta supra observatione memoratas; cœpit deinceps apparere umbra antedicta in medio hujus lineæ, eamque mediam divisit in binas lineas luminosas, ipsaque augebatur porro usque, donec totum lumen evanesceret. Utique tanta erat hæc fimbriarum amplificatio, ut radii qui ad fimbriam interiorem proficiscuntur, viderentur amplius viginti partibus magis esse inflexi tum, quum illa prope esset ut evanesceret, quam quum cultrorum alter esset submotus.

Atque ex hac quidem & superiore observationibus inter se collatis, id colligo: utique lumen primæ fimbriæ transiisse præter cultri aciem, interjecto intervallo majore quam $\frac{1}{800}$ partis unciæ; lumenque secundæ fimbriæ transiisse majore intervallo interjecto, quam fecerat lumen primæ; lumenque tertiæ, majori adhuc intervallo quam lumen secundæ, lumen autem radiationum illarum in quinta & sexta observationibus descriptarum, transiisse propius cultrorum acies, quam fecerat ulla fimbriarum.

OBSERVATIO VIII.

Cum duos cultros ita acui jussissem, ut acies eis admodum exactæ atque rectæ essent datæ; mucronesque ipsorum ita in tabulam infixissem, ut acies eorum & essent invicem obversæ, & concurrentes prope a mucronibus angulum rectilineum continerent inter se: manubria eorum deinceps, interposita picis massula, interjunxi; ne posset angulus iste torquendo variari. Distantia acierum cultrorum inter se, intervallo quatuor unciarum a puncto angulato ubi acies istæ concurrebant, erat $\frac{1}{8}$ unciæ; ideoque angulus, quem acies inter se concurrentes continerent, erat circiter gradus 1, 54′. Cultros hoc modo conjunctos collocavi in radio Solis immisso in cubiculum meum tenebricosum per foramen $\frac{1}{42}$ parte unciæ latum; collocabam autem eos ita, ut intervallo decem vel quindecim pedum ab isto foramine distarent. Jamque excipiens id lumen, quod inter acies cultrorum transmitteretur, valde oblique super normam albam ac lævem, intervallo semunciæ vel unciæ a cultris; vidi ibi fimbrias, quas effecerunt binæ cultrorum acies, porrectas secundum extremas cultrorum umbras in lineis ad umbrarum istarum extremitates parallelis, nec quicquam (quod quidem sensu percipi posset) se in latitudinem laxantes, donec concurrerent tandem in angulis qui essent æquales angulo isti quem continerent inter se binæ cultrorum acies; ubi autem ita concurrebant & coibant, ibi sine decussando penitus terminabantur. Verum si norma jam multo majori intervallo a cultris distaret; fimbriæ, ubi longius aberant a concursu suo, latitudine erant paulo minori; & latiores fiebant aliquanto, prout ad se invicem propius accedebant; cumque coirent, decussabantur deinceps, multoque quam antea fiebant usque latiores.

Unde id colligo; utique distantias, quibus fimbriæ præter cultrorum acies transeunt, non augeri vel immutari appropinquatione mutua cultrorum inter se; verum an-

angulos quidem, in quibus radii ibi inflectuntur, multum augeri ista cultrorum appropinquatione; cultrumque qui sit propior alicui radio, eum quidem determinare quam in partem inflectendus sit iste radius; cultrum autem alterum, ei inflexionem istam adaugere.

OBSERVATIO IX.

Cum radii inciderent valde oblique super normam, intervallo $\frac{1}{3}$ unciæ a cultris; linea obscura inter primam & secundam fimbriam umbræ cultri unius, & linea obscura inter primam & secundam fimbriam umbræ cultri alterius, concurrebant inter se intervallo $\frac{1}{5}$ unciæ ab extremo illo lumine quod inter cultros in acierum suarum concursu transmittebatur. Ideoque distantia acierum cultrorum inter se, qua parte hæ lineæ obscuræ concurrebant, erat $\frac{1}{160}$ pars unciæ. Nam ut quatuor unciæ ad $\frac{1}{8}$ partem unciæ: ita est quævis longitudo acierum cultrorum, a puncto concursus sui dimensa, ad distantiam acierum istarum inter se, qua parte eæ interjecto longitudinis istius intervallo a puncto concursus distant: nimirum ita est $\frac{1}{5}$ pars unciæ ad $\frac{1}{160}$ partem unciæ. Itaque lineæ illæ obscuræ supra memoratæ, concurrunt in medio ejus luminis, quod inter cultrorum acies transmittitur qua parte eæ distant inter se $\frac{1}{160}$ partem unciæ. Parsque dimidia ejus luminis transit præter aciem cultri unius, intervallo non majore $\frac{1}{320}$ partis unciæ, incidensque in chartam exhibet ibi fimbrias umbræ cultri istius: pars autem altera dimidia ejus luminis, transit præter aciem cultri alterius, intervallo itidem non majori $\frac{1}{320}$ partis unciæ; incidensque in chartam, exhibet ibi fimbrias umbræ cultri alterius. Verum si charta illa, qua radii excipiantur, distet a cultris intervallo majori quam $\frac{1}{3}$ partis unciæ; jam lineæ obscuræ supra memoratæ, concurrent inter se majori intervallo, quam $\frac{1}{5}$ partis unciæ, ab extremo illo lumine quod inter cultros in acierum suarum concursu transmittitur: ideoque lumen quod incidit in chartam, qua parte lineæ istæ obscuræ concurrunt inter se, transmittitur jam ipsum quidem inter cultros qua parte acies ipsorum distant inter se amplius $\frac{1}{160}$ parte unciæ.

Etenim, alio quodam tempore, cum iidem bini cultri collocati intervallo octo pedum ac quinque unciarum a parvo foramine in fenestra, quod acicula (ut supra) feceram; lumen quod incidebat in chartam qua parte lineæ obscuræ supra memoratæ concurrebant inter se, transmissum erat tunc inter cultros qua parte acies ipsorum distarent inter se intervallis in sequenti tabula expressis, quum nimirum charta a cultris distaret intervallis in eadem itidem tabula descriptis.

Distan-

Digitized by Google

Distantiæ chartæ a cultris, mensura unciaria expressæ.	*Distantiæ acierum cultrorum inter se, partibus unciæ millesimis expressæ.*
$1\frac{1}{2}$	0'012.
$3\frac{1}{3}$.	0'020.
$8\frac{1}{3}$.	0'034.
32.	0'057.
96.	0'081.
131.	0'087.

Atque hinc quidem id colligo; lumen, quod fimbrias exhibet in charta, non utique idem esse lumen in omnibus distantiis chartæ a cultris; sed quum charta propius ad cultros admota sit, tum scilicet fimbrias oriri ex radiis qui & propius præter acies cultrorum feruntur, & inflectuntur magis, quam quum charta majori interjecto intervallo a cultris distet.

OBSERVATIO X.

Quum cultrorum umbrarum fimbriæ inciderent ad perpendiculum in chartam magno intervallo objectam; videbantur eæ hyperbolarum forma ac specie, mensurasque habebant illas quæ sequuntur. Sint C A & C B, (*Fig.* 3. *Tab. I.*) lineæ in charta ductæ, cultrorum aciebus parallelæ, & inter quas lumen omne inter cultros transmissum incideret utique, si id inter cultrorum acies plane sine inflectendo foret transmissum. Sitque D E linea recta per punctum C ducta; qua & anguli A C D, B C E, inter se fiant æquales; & lumen id omne, quod incidit in chartam a puncto ubi cultrorum acies concurrunt, terminetur. Porro, sint *e i s*, *f k t*, & *g l v*, tres lineæ hyperbolicæ, repræsentantes terminum umbræ cultri unius, lineam obscuram inter fimbrias primam & secundam istius umbræ, & lineam obscuram inter fimbrias secundam & tertiam ejusdem umbræ: & *x i p*, *y k q*, & *z l r*, aliæ tres lineæ hyperbolicæ, repræsentantes terminum umbræ cultri alterius, lineam obscuram inter fimbrias primam & secundam umbræ istius, & lineam obscuram inter fimbrias secundam & tertiam ejusdem umbræ. Finge tres hasce hyperbolas, similes & æquales esse tribus prioribus, easque in transversum secare in punctis *i*, *k*, & *l*; umbrasque cultrorum terminari, & a primis fimbriis luminosis distingui, lineis *e i s* & *x i p*; usque eo donec fimbriæ illæ inter se concurrant; & sese mutuo in transversum secent; tumque deinde lineas istas fimbriis ipsis incurrere, & tanquam totidem lineas tenebrosas secare eas in obliquum, terminantes deinceps primas luminosas fimbrias ab interiore sui parte, easque distinguentes ab alio quodam lumine, quod incipit porro apparere in *i*, illuminatque totum spatium triangulum *i p* D E *s*, definitum lineis illis obscuris & linea recta D E. Jam quidem harum hyperbolarum asymptotos una est linea ipsa D E; alteræ autem earundem asymptoti, parallelæ sunt lineis C A & C B. Sit igitur *r v* linea ducta ubivis super chartam, parallela asym-

Digitized by Google

asymptoto D E; secetque hæc linea lineas rectas A C in *m* & B C in *n*, & lineas sex hyperbolicas obscuras in punctis *p*, *q*, *r*, *s*, *t*, *v*. Jamque dimetiendo distantias *p s*, *q t*, *r v*; indeque colligendo longitudines ordinatarum *n p*, *n q*, *n r*, vel *m s*, *m t*, *m v*; idque in diversis distantiis lineæ *r v* ab asymptoto D E: utique invenire poteris quot libuerit puncta harum hyperbolarum; indeque intelligere, lineas hasce curvas esse scilicet hyperbolas, parum admodum distantes ab hyperbolis conicis: item dimetiendo lineas C *i*, C *k*, C *l* invenire poteris alia harum curvarum puncta.

Exempli gratia: Cum cultri distarent a foramine in fenestra, decem pedibus; chartaque a cultris, pedibus novem; angulusque quem continebant inter se cultrorum acies, cui nimirum æqualis est angulus A C B, subtenderetur chorda quæ esset ad semidiametrum ut 1 ad 32; lineaque *r v* distaret ab asymptoto D E, uncia dimidiata: dimensus sum lineas *p s*, *q t*, *r v*, invenique eas, 0'35, 0'65, 0'98 partes unciæ comparate; addendoque ad earum dimidias lineam $\frac{1}{2}$ *m n*, quæ hic erat $\frac{1}{128}$ pars unciæ, sive 0'0078;) summæ *n p*, *n q*, *n r*, erant 0'1228, 0'3328, 0'4978 unciæ. Dimensus sum quoque distantias fimbriarum, quæ porrigebant se inter *p q* & *s t*, *q r* & *t v*, & proxime ultra *r* & *v*; qua parte nimirum lumen ipsarum cujusque clarissimum erat: invenique eas 0'5, 0'8, & 1'17 uncias.

OBSERVATIO XI.

Cum Sol in cubiculum meum tenebricosum colluceret per parvum rotundum foramen, quod in lamina plumbea feceram tenui acicula, ut supra; collocavi ad id foramen prisma, quo lumen refringeretur, depingeretque in opposito pariete imaginem coloratam talem, qualem in tertio experimento primæ partis primi libri descripsimus. Tumque inveni umbras corporum omnium in lumine illo colorato inter prisma & parietem collocatorum, fimbrias sibi habere ejus solummodo coloris, qui esset luminis in ista corpora eo tempore projecti. In lumine rubro saturo, fimbriæ hæ erant ex toto rubræ; nihil quicquam habentes, quod quidem sensu percipi posset, coloris cærulei aut violacei. Contra, in lumine cæruleo saturo, erant eædem ex toto cæruleæ; nihil sibi habentes, quod quidem sensu percipi posset, coloris rubri vel flavi. Similiter, in viridi lumine, erant eædem ex toto virides; excepto quod paululum tum in eis inesset coloris flavi ac cærulei, qui nimirum colores in viridi prismatis lumine erant adhuc aliqua portione admixti. Porro, comparans inter se fimbrias in luminibus diversorum colorum exhibitas; observavi eas, quæ essent in lumine rubro exhibitæ, omnium esse maximas; quæ in lumine violaceo, minimas; quæque in lumine viridi, magnitudine intermedias. Etenim, cum fimbrias, quæ capilli humani umbræ adhærerent, dimetirer in transversum umbræ, intervallo sex unciarum a capillo; distantia inter partem mediam sive luminosissimam primæ sive interioris fimbriæ ex una parte umbræ, & partem eandem fimbriæ consimilis ei ex opposito respondentis ex altera parte umbræ, erat in lumine quidem rubro saturo $\frac{1}{37\frac{1}{4}}$ pars unciæ; in lumine autem violaceo saturo, $\frac{1}{46}$. Item similis distantia inter medias sive luminosissimas partes secundarum fimbriarum, ex utraque parte umbræ, erat, in lumine quidem rubro saturo, $\frac{1}{22}$; in violaceo autem, $\frac{1}{27}$ pars unciæ: Atque hæ quidem distantiæ fimbriarum inter se, eandem plane proportionem retinebant in omnibus distantiis a capillo, sine ulla variatione quæ quidem sensu percipi potuerit.

Itaque radii, ex quibus fimbriæ istæ compositæ erant in lumine rubro, transibant præter capillum, majori interjecto intervallo, quam ii, ex quibus similes compositæ erant fimbriæ in lumine violaceo. Quare capillus, in fimbriis istis conformandis, agebat similiter in lumen rubrum, sive radios minime refrangibiles, majori interjecto intervallo; ac in lumen violaceum, sive radios maxime refrangibiles, minori

Digitized by Google

ri interjecto intervallo: suaque ista videlicet actione, digerebat lumen rubrum in fimbrias ampliores, violaceum in contractiores, radiosque coloribus intermediis in fimbrias magnitudinibus comparate intermediis; nihil interim omnino immutato luminis ullum genus colore.

Quum igitur capillus in prima ac secunda harum observationum collocatus esset in radio albo luminis solaris; umbramque projiceret, ternis luminis colorati limbis fimbriatam; utique colores isti non oriebantur ex novis ullis modificationibus, quas capillus scilicet radiis luminis impresserit; sed ex variis duntaxat inflexionibus, quibus radii diversorum generum a se invicem separarentur: qui quidem radii ante separandum, composuerant, permixtione colorum suorum omnium inter se, radium album luminis solaris; verum quandocunque sint a se invicem separati, constituunt lumina diversis illis coloribus, quibus ii exhibendis singuli natura apti sunt facti. In hac undecima observatione, ubi colores jam erant ante a se invicem separati, quam lumen præter capillum transiret; radii minime refrangibiles, qui, quandocunque sint a reliquis separati, colorem rubrum exhibent, inflectebantur majori jam intervallo distante a capillo; adeo ut ii ternas fimbrias rubras exhiberent, majori intervallo distantes a media parte umbræ capilli: radii autem maxime refrangibiles, qui, quandocunque sint a reliquis separati, colorem violaceum exhibent, inflectebantur minori jam intervallo distantes a capillo; adeo ut hi ternas fimbrias violaceas exhiberent, minori intervallo distantes a media parte umbræ capilli: & radii intermediis refrangibilitatis gradibus, inflectebantur intermediis jam intervallis distantes a capillo; adeo ut illi fimbrias intermediis coloribus exhiberent, intermediis intervallis distantes a media parte umbræ capilli. In secunda autem observatione, ubi colores universi permixti sunt inter se in lumine albo prope capillum jam transeunte; colores illi separantur ibidem per varias radiorum inflexiones: fimbriæque quas ii singuli exhibent, apparent simul omnes. Fimbriæque interiores, contiguæ existentes inter se, conficiunt unam fimbriam latam, ex coloribus universis ordine dispositis constantem; colore violaceo nimirum jacente ab interiori parte fimbriæ, proxime umbram; rubro ab exteriori parte fimbriæ, remotissime ab umbra; & cæruleo, viridi, ac flavo, in media parte fimbriæ. Item fimbriæ mediæ, ex coloribus singulis ordine itidem dispositis constantes, & contiguæ jacentes inter se, conficiunt similiter aliam fimbriam latam, ex coloribus universis compositam. Fimbriæque exteriores denique, ex coloribus singulis ordine dispositis constantes, & contiguæ jacentes inter se, conficiunt tertiam fimbriam latam, ex universis itidem coloribus compositam. Hæ sunt ternæ illæ fimbriæ luminis colorati, quibus in secunda observatione corporum omnium umbræ terminantur.

Cum præmissas observationes facerem, statueram mecum plerasque earum majori cum accuratione iterare, aliasque aliquas de novo insuper adjicere; quo nimirum id exploratum tandem haberemus, quem in modum & qua ratione radii luminis inflectantur inter transeundum prope corporum omnium extrema, ad conficiendas fimbrias illas coloratas cum lineis suis obscuris interjectis. Verum ab hisce studiis tum forte avocatus sum; & non possum id nunc in animum meum inducere, ut ad studia hæc intermissa iterum me referam. Quare, cum hanc instituti mei partem non absolverim, concludam, proponendo solummodo Quæstiones aliquas, quibus alii postea in hac materia ulterius prosequenda dirigi queant.

QUÆSTIO I.

ANnon corpora agunt in lumen, interjecto aliquo intervallo; suaque illa actione radios ejus inflectunt? Eoque fortior (cæteris paribus) est illa actio, quo id intervallum est minus?

Digitized by Google

QUÆSTIO II.

Annon radii, qui differunt inter se refrangibilitate, iidem flexibilitate quoque inter se differunt? Et diversis suis singulorum inflexionibus ita porro a se invicem separantur, ut ordinatim exinde in ternas illas fimbrias coloratas digerantur, supra memoratas? Item, Quemnam in modum inflectuntur radii, ad fimbrias illas conformandas?

QUÆSTIO III.

Annon radii luminis, inter transeundum prope corporum extremitates, inflectuntur sæpius ultro citroque, motu quodam undante ac sinuoso, instar anguillæ? Ternæque luminis colorati fimbriæ supra memoratæ, ex ternis istiusmodi inflexionibus oriuntur?

QUÆSTIO IV.

Annon radii luminis, qui in corpora incidentes, reflectuntur vel refringuntur, inflecti incipiunt antequam ad corpora ipsa perveniunt? Et reflectuntur, refringuntur, atque inflectuntur, una eademque vi, varie se in variis circumstantiis exerente?

QUÆSTIO V.

Annon corpora ac lumen agunt in se mutuo: corpora videlicet in lumen, emittendo id, reflectendo, refringendo, & inflectendo; lumen autem in corpora, ad ea calefacienda scilicet, motumque vibrantem, in quo calor consistit, in partibus ipsorum excitandum?

QUÆSTIO VI.

Annon corpora nigra calorem de lumine ideo facilius, quam corpora colorata, concipiunt; quia luminis id, quod in illa incidit, non reflectitur extra, sed ingreditur in ipsa corpora, intraque ea reflectitur ac refringitur sæpius atque iterum usque eo, donec restinguatur penitus & intercidat?

QUÆSTIO VII.

Annon ejus actionis, quæ mutua est inter lumen & corpora sulphurosa, vis illa fortior & validior superius memorata, partim in causa est, quamobrem corpora sulphurosa ignem adeo concipiant facilius, & vehementius ardeant, quam alia corpora?

QUÆSTIO VIII.

Annon corpora omnia fixa, quum sint ultra certum gradum calefacta, emittunt lumen & splendent? Eaque luminis emissio per motus vibrantes partium suarum efficitur? Et annon corpora omnia, quæ partibus abundant terrestribus, & præsertim sulphurosis, lumen emittunt, quotiescunque partes illæ satis sint agitatæ; sive id calore fiat, sive attritu, sive percussu, sive putrescendo, sive motu aliquo vitali, sive alia quavis de causa? ut aqua marina, sæviente procella; argentum vivum, in vacuo agitatum; felis dorsum, vel equi collum, manu oblique in loco tenebricoso affrictum; ligna, carnes, & pisces, dum putrescunt; vapores ex aquis putri-

dis,

Digitized by Google

dis, qui ignes fatui vulgo appellantur; metæ fœni segetisve subhumidæ, fermentescentes; cicindelæ, & animalium quorundam oculi, motu quodam vitali; Phosphorus Bononiensis, radiis luminis agitatus; phosphorus vulgaris, corporis cujusvis attritu, vel acidis aeris particulis, agitatus; electrum, & adamantes aliqui, feriendo, premendo, vel fricando: chalybis strigmenta, silice decussa; ferrum ictibus malleorum calefactum, donec sulphur sibi injectum accendat; axes curruum, motu rotarum rapidiore incensi; & certi liquores inter se permixti, quorum particulæ cum impetu concurrunt; ut oleum vitrioli a nitro pari pondere distillatum, dein dupla portione mixtum cum oleo caryophyllorum, sive anisi. Similiter globus vitreus, diametro circiter 8 aut 10 unciarum, machinæ versatili infixus, ut circa axem suum motu celerrimo circumagatur; qua sui parte vola manus apposita inter volvendum confricetur, lucebit. Quod si eodem tempore charta alba, aut linteum album, vel etiam digitus extremus ita admoveatur, ut circiter quarta vel dimidia unciæ parte distet a vitro, qua parte motus ejus est celerrimus; vapor electricus frictione manus e vitro excitatus, & ad chartam albam, linteum, vel digitum allisus, ita agitabitur, ut lucem continuo emittat, efficiatque ut charta illa alba, linteum, vel digitus, tanquam cicindela, lucescat: quin & e vitro erumpens, ea vi nonnunquam ad digitum allidetur, ut etiam tactu percipi queat. Quod idem quoque evenit, quando cylindrus e vitro electrove, longus & amplus, charta manu admota eousque confricetur, donec vitrum incaluerit.

QUÆSTIO IX.

Annon Ignis corpus est eousque calefactum, ut copiosius lumen emittat? Quid enim aliud est ferrum candens, nisi ignis? Quidve aliud est carbo candens, nisi lignum eousque calefactum, ut id lumen emittat?

QUÆSTIO X.

Annon Flamma, vapor est, fumus, sive exhalatio candefacta; hoc est, calefacta usque eo, ut lumen emittat? Corpora enim flammam non concipiunt, nisi si emittant fumum copiosum; qui porro fumus ardet in flamma. Ignis fatuus est vapor sine calore lucens: & nonne eadem differentia est inter istum vaporem & flammam, ac inter lignum putridum sine calore lucens, & carbones candentes? Inter distillandum spiritus calidos, si caput alembici submoveatur; vapor, qui ex alembico ascendit, ignem concipiet de candela, & in flammam convertetur; eaque flamma serpet per vaporem, ab usque candela ad alembicum. Aliqua corpora motu vel fermentatione calefacta, si utique calor iste sit magnus, fumum emittunt copiosum; sique corpora ea satis admodum incalescunt, fumi illi lucebunt & sese in flammam convertent. Metalla liquefacta flammam non concipiunt, inopia fumi copiosi; *zinetum* si excipias, quod & fumum emittit copiosum, eoque & flammas fundit. Corpora omnia quæ flammam alunt, ut oleum, sebum, cera, lignum, carbones fossiles, pix, & sulphur, absumuntur flamma sua, & in fumos candentes abeunt. Qui quidem fumus, si extinguatur flamma, valde utique crassus fit, & sub aspectum cadit, & nonnunquam etiam late olet; verum in flamma amittit is omnem odorem suum ardendo: & pro hujus quidem fumi natura, flamma ipsa colores insuper varios trahit; ut flamma sulphuris, cæruleum; cupri, cujus partes Sublimato referatæ fuerint, viridem; sebi, flavum; & camphoræ, album. Utique fumus, inter transeundum per flammam, fieri non potest quin candescat; & fumus candefactus non potest non habere speciem flammæ. Pulvis tormentarius, quum ignem concipit, abit in fumum flammantem. Carbo nimirum & sulphur, ignem concipiunt facillime; nitrumque accendunt; nitrique spiritus inde in vaporem rarefactus, proruit cum explosione; similiter ac aquæ vapor ex æolipila. Sulphur quoque, ut est volatile, convertit se itidem in vaporem; id quod explosionem illam adauget.

Digitized by Google

Adhæc, acidus sulphuris vapor, (is videlicet, qui sub campana distillat in oleum sulphuris,) vi introdans sese in corpus fixum nitri, spiritum nitri etiamnum expedit ac laxat, ingentemque excitat fermentationem; qua porro & calor augetur, nitrique corpus fixum rarefit in fumum, quo explosio etiam adhuc vehementior fit atque acutior. Etenim si sal tartari insuper admisceatur pulveri tormentario; eaque permixtio calefiat gradatim; usque dum ignem concipiat; utique explosio porro adhuc etiam amplius violenta atque acuta reddetur. Id quod nulla alia sane ex causa oriri potest, quam ex actione vaporis pulveris tormentarii in salem tartari, qua sal iste rarefiat. Explosio itaque pulveris tormentarii oritur ex celeri ac violenta actione, qua tota permixtio subito & vehementer calefacta, rarefit utique & convertit se in fumum sive vaporem: qui denique vapor, actionis istius violentia eodem tempore candefactus, flammæ nimirum speciem exhibet.

QUÆSTIO XI.

Annon corpora magna calorem suum conservant diutissime, partibus suis se mutuo nimirum calefacientibus? Et nonne fieri potest, ut corpus magnum, densum atque fixum, quum calefactum sit ultra certum gradum, lumen utique emittat adeo copiose, ut emissione illa ac reactione luminis sui, & reflexionibus refractionibusque radiorum intra occultos sui meatus, incalescat adhuc usque amplius; caloris nimirum plura perpetuo momenta ex hisce causis trahens, quam refrigerationis ex aliis causis; donec ad certum tandem caloris gradum perveniat, qualis est calor Solis?

Item, Annon Sol & Stellæ fixæ, ingentes sunt terrarum globi, vehementer calidi; quorum utique calor conservatur corporum ipsorum magnitudine, & mutua actione ac reactione quæ est inter ipsa & lumen quod emittunt; & quorum partes quidem ne in fumos abeant, facit non modo sua ipsorum adeo fixa admodum natura, verum etiam ingens pondus densitasque atmosphærarum sibi circumcirca incumbentium, & ingenti nisu undique comprimentium, & condensantium vapores atque exhalationes quotquot sese uspiam emiserint? Etenim si aqua in vase aliquo pellucido tepefiat, & aer deinde e vase exhauriatur; aqua ista in vacuo ebulliet nihilo minus vehementer, quam si in vase igni imposito calorem multo majorem in aperto aere concepisset. Nam atmosphæræ incumbentis pondus vapores deprimit, impeditque quominus aqua ebulliat, donec calorem contraxerit multo majorem, quam quo ad ejusdem in vacuo ebullitionem excitandam opus sit. Item, mixtura stanni & plumbi, ferro candenti in vacuo imposita, fumum emittit, atque etiam flammam: eadem autem mixtura, in aperto aere, propter atmosphæræ incumbentis pondus, ne fumum quidem, qui visu percipi possit, emittit. Similiter fieri potest, ut ingens atmosphæræ, quæ globo Solis incumbit, pondus efficiat ne corpora ibi in vapores & fumos abire queant, nisi ope caloris longe majoris, quam qui eadem in terræ nostræ superficie facillime in vapores & fumos solveret; idemque illud ingens pondus, vapores & exhalationes, simul ac e Sole ascendunt, statim iterum condenset; efficiatque, ut in Solis globum continuo recidant, caloremque ipsius actione sua eodem modo adaugeant, quo aer in terra nostra calorem ignis culinarii auget; itemque prohibeant ne ingens ille globus imminuatur, nisi forte luminis & vaporum quorundam exhalationumque admodum tenuium emissione.

QUÆSTIO XII.

Annon radii luminis, incidendo in fundum oculi, excitant vibrationes quasdam in tunica retina; quæ quidem vibrationes, propagatæ inde per solidas nervorum opticorum fibras in cerebrum usque, sensum ibi videndi excitent? Nam, quandoquidem corpora densa conservant calorem suum diutius; & ut quodque corpus densissimum est, ita calorem suum diutissime conservat; utique vibrationes partium suarum

rum

Digitized by Google

rum natura sunt durabili, adeoque propagari possunt in longinqua usque spatia per solidas materiæ uniformis ac densæ fibras, ad transmittendos in cerebrum videlicet motus sensuum omnium organis impressos. Etenim motus is, qui possit diu in una eademque parte alicujus corporis se conservare; poterit itidem in longinquum propagari ex una parte in aliam; modo id corpus homogeneum sit scilicet, ne adeo motus iste reflectatur forte, vel refringatur, vel interrumpatur & perturbetur per inæqualitatem aliquam in corpore.

Q U Æ S T I O XIII.

Annon radii diversorum generum vibrationes excitant diversa magnitudine; quæ scilicet vibrationes, pro sua cujusque magnitudine, sensus diversorum excitent colorum; simili fere ratione, ac vibrationes aeris, pro sua itidem ipsarum diversa magnitudine, sensus sonorum excitant diversorum? Et nominatim, annon radii maxime refrangibiles, vibrationes excitant brevissimas, ad sensum movendum coloris violacei saturi; radii minime refrangibiles, vibrationes longissimas, ad sensum coloris rubri saturi; & radii generum omnium intermediorum, vibrationes comparate intermedias, ad sensum colorum diversorum intermediorum excitandum?

Q U Æ S T I O XIV.

Annon fieri potest, ut harmonia & discordia colorum, oriatur e proportionibus vibrationum propagatarum per nervorum opticorum fibras in cerebrum; similiter ac harmonia & discordia sonorum oritur e proportionibus vibrationum aeris? Sunt enim alii colores, si juxta se invicem positi simul inspiciantur, oculis grati, ut auri & indici; alii autem minus grati.

Q U Æ S T I O XV.

Annon imagines rerum objectarum, ambobus oculis visarum, coeunt in unum eo in loco, ubi nervi optici, antequam in cerebrum ingrediantur, conveniunt ac conjunguntur? fibris nimirum, quæ sunt in dexteriori parte utriusque nervi, coeuntibus illo in loco, & progredientibus deinceps conjunctim ad cerebrum per nervum qui est a dexteriori parte capitis: fibrisque, quæ sunt in sinisteriori parte utriusque nervi, coeuntibus itidem eodem in loco, & progredientibus deinceps conjunctim ad cerebrum per nervum qui est a sinisteriori parte capitis; duobus autem nervis illis posterioribus in cerebro demum ita in unum convenientibus, ut fibræ ipsorum unam duntaxat ibi imaginem constituant; cujus videlicet imaginis dimidium id, quod sit a dexteriori parte sensorii, veniat a dextra parte amborum oculorum, per dextram partem amborum nervorum opticorum, ad locum ubi nervi illi coeunt, indeque per nervum a dexteriori parte capitis in ipsum cerebrum; dimidium autem alterum; quod sit a sinisteriori parte sensorii, veniat similiter a sinistra parte amborum oculorum? Etenim nervi optici eorum animalium, quorum ambo oculi eodem spectant, (ut hominum, canum, ovium, boum, &c.) coeunt in unum antequam in cerebrum ingrediantur; at nervi optici illorum animalium, quorum ambo oculi non spectant eodem, (ut piscium & chamæleontis,) vel non coeunt omnino, vel non ita in unum coeunt ut eorum capillamenta invicem intermisceantur; siquidem vera audivi.

Q U Æ S T I O XVI.

Siquis in loco tenebricoso alterutrum oculi sui angulum digito comprimat, oculumque interea in partem contrariam avertat; videbit is circulum coloribus variegatum, eorum similibus, qui in pluma caudæ pavoniæ conspiciuntur. Si oculus & digitus

Digitized by Google

gitus immoti permaneant, colores isti intra minutum secundarium evanescent: digiti autem pressus frequentamento identidem apparebunt. Annon hi colores oriuntur ex similibus motibus excitatis jam digiti pressu ac motu in fundo oculi, ac alias lumine ibi excitari solent ad sensum videndi movendum? Et annon hi motus semel excitati, permanent circiter minutum unum secundarium antequam cessent? Et quum aliquis oculi percussu, fulgorem quendam quasi luminis coruscantem sibi videre videtur; annon istiusmodi motus in tunica retina tum excitantur isto percussu? Et quum carbo candens motu celerrimo in orbem actus, efficit ut totus iste orbis videatur igneus; annon hoc ex eo evenit, quod motus in fundo oculi a radiis luminis excitati, natura sua sint durabiles, permaneantque usque eo, donec carbo candens, peracto orbe, eodem loci reverterit? Et quandoquidem motus in fundo oculi lumine excitati ita sunt durabiles; annon natura utique sunt vibrantes?

QUÆSTIO XVII.

Quum lapis in aquam stagnantem projectus sit, undæ isto percussu excitatæ, aliquandiu eo in loco, ubi lapis in aquam inciderat, oriri pergunt; indeque per aquæ superficiem in circulis concentricis ad longa usque intervalla propagantur. Item vibrationes sive tremores in aere percussu aliquo excitati, a puncto percussus quoquoversum in sphæris concentricis ad longa usque intervalla deferri aliquantisper pergunt. Similiter itaque, cum radius luminis in corporis alicujus pellucidi superficiem incidens, ibi refringitur aut reflectitur; annon fieri potest, ut vibrationum sive tremorum undæ eo pacto in medio refringente aut reflectente ad punctum incidentiæ excitentur, atque etiam suboriri pergant, & propagentur, quando in fundo oculi, vel pressu motuve digiti, vel carbonis candentis lumine, secundum experimenta jam memorata, sint excitatæ? Istæque vibrationes, annon a puncto incidentiæ ad magna usque intervalla propagantur? Et annon radios luminis, motus sui celeritate prævertunt; eosque identidem prævertendo, vices illas facilioris reflexionis faciliorisque transmissus supra descriptas ingenerant? Etenim, si radii a densiori parte vibrationis recedere conantur, fieri utique potest, ut a vibrationibus istis se identidem prævertentibus, accelerentur & retardentur alternis.

QUÆSTIO XVIII.

Si in duobus amplis altisque vitris cylindraceis inversis duo parva thermometra ita sint suspensa, ut vitrum non contingant; aerque ex horum vitrorum altero sit exhaustus; vitraque hoc modo comparata, e loco frigido in calidum deferantur; utique thermometrorum id, quod erit in vacuo, incalescet nihilo minus, neque fere tardius, quam id quod non sit in vacuo. Annon jam calor ille exterior trans vacuum defertur, vibrationibus medii cujusdam longe, quam est aer, subtilioris; quod quidem medium, exhausto aere, tamen adhuc in vacuo supersit? Mediumque hoc annon id ipsum est, quo lumen refringitur & reflectitur, & cujus vibrationibus lumen calorem in corpora transfert, vicesque illas facilioris reflexionis faciliorisque transmissus acquirit? Hujusque medii vibrationes annon in corporibus calidis, ut eorum calor intensior sit & durabilior, efficiunt? Et corpora calida, annon calorem suum in frigida contigua transferunt, vibrationibus hujusce medii e calidis in frigida propagatis? Atque medium hoc, annon longe longeque rarius est & subtilius quam aer, longeque etiam magis elasticum & actuosum? Et annon corpora omnia facillime permeat, perque cœlos universos vi sua elastica est diffusum?

QUÆSTIO XIX.

Annon luminis refractio oritur ex densitate medii hujus ætherii in locis diversis diversa; lumine nimirum a densioribus partibus medii semper recedente? Et annon hujus

Digitized by Google

hujus medii densitas major est in spatiis liberis & apertis, quæ sint aere aliisque corporibus crassis vacua; quam intra aquæ, vitri, crystalli, gemmarum, aliorumque corporum densorum poros? Etenim quum lumen per vitrum aut crystallum transmittitur, & oblique admodum in ulteriorem ejus superficiem incidens, ex toto reflectitur; reflexio illa ex toto, a densitate potius & vigore medii quod est extra ultraque vitrum, quam ex ejusdem raritate & imbecillitate, oriri debet.

QUÆSTIO XX.

Annon medium hoc æthereum, pro eo ut ex aqua, vitro, crystallo, aliisque crassis densisque corporibus in spatia vacua eatur, densius evadit paulatim; eoque pacto radios luminis refringit, non simul & semel in uno puncto, sed gradatim eos in curvas lineas flectendo? Et annon medii hujus condensatio, quæ ita gradatim, ad usque intervalla aliqua a corporibus porrigitur; eoque pacto in causa est, quamobrem radii luminis, qui prope corporum densorum extrema interjecto aliquo intervallo transeunt, inflectantur?

QUÆSTIO XXI.

Annon hoc medium multo rarius est intra corpora densa Solis, stellarum, planetarum & cometarum, quam in vacuis spatiis cœlestibus interjectis? Et a corporibus istis ad usque ingentia intervalla, annon densius perpetuo densiusque evadit; eoque pacto efficit, ut & magna ista corpora erga se invicem gravia sint, & ipsorum partes singulæ erga ipsa corpora; omnibus nimirum corporibus, qua parte medium densius est, ea ex parte recedere conantibus in partes rariores? Etenim, si hoc medium rarius sit intra corpus Solis, quam in ejusdem superficie; & in ipsa superficie rarius, quam interjecto extrinsecus centesimæ partis unciæ unius a corpore Solis intervallo; & illo adhuc in loco rarius, quam interjecto quinquagesimæ partis unciæ a corpore Solis intervallo; & hoc postremo in loco rarius, quam in orbe Saturni: equidem nihil causæ video, quamobrem increscenti densitati usquam locorum ullus constitutus sit finis, quominus per omnia intervalla, & a Sole ad Saturnum, & adhuc usque, porrigatur. Quæ quidem densitas, quanquam, ingentibus interjectis intervallis, fortasse lentissimis augeatur accrementis; poterit tamen, siquidem vis elastica hujus medii admodum sit magna, corpora vi ea omni, quam gravitatem appellamus, a densioribus partibus medii ad rariores versus impellere. Valde autem magnam esse medii hujusce vim elasticam, ex vibrationum suarum celeritate est colligere. Soni feruntur circiter 1140 pedes Anglicos, intra minutum temporis secundarium; & minutorum septem octove primariorum spatio, circiter centum milliaria Anglica emetiuntur. Lumen a Sole ad nos defertur, circiter septem octove minutorum primariorum spatio: quæ quidem inter Solem & terram distantia est circiter 70000000 milliarium Anglicorum; siquidem Solis parallaxis horizontalis sit circiter 12″. Jam vero vibrationes sive pulsus hujus medii, quo vices illas alternas facilioris reflexionis faciliorisque transmissus generare queant, lumine celeriores sint oportet; & consequenter amplius 700000 partibus celeriores quam est motus sonorum. Vis igitur elastica hujus medii, pro ratione suæ densitatis, debet esse amplius 700000 x 700000 (hoc est, amplius 490000000000) partibus major, quam est vis elastica aeris, pro ratione suæ itidem densitatis. Nam velocitates pulsuum in mediis elasticis sunt in subduplicata ratione elasticitatum & raritatum mediorum, simul sumptarum.

Quemadmodum attractio in parvis magnetibus fortior est, pro ratione magnitudinis ipsorum, quam in majoribus; & gravitas in superficiebus parvorum planetarum major est, pro ratione magnitudinis ipsorum, quam in superficiebus planetarum magnorum; & electrica attractione agitantur corpora exigua multo magis quam grandia: ita radiorum luminis exiguitate fieri potest, ut vis agentis, quo refringuntur, mul-

Digitized by Google

multo ſit fortior. Et ſimili ratione, ſi quis exiſtimet ætherem conſtare poſſe (ſicut & aer noſter conſtat) ex particulis a ſe invicem recedere conantibus, (iſte enim æther quid ſit non definio,) & ejus particulas longe tenuiores eſſe quam aeris, vel etiam luminis; utique mira particularum ejus tenuitate fieri poterit, ut fortior ſit vis qua iſtæ particulæ a ſe invicem recedant, atque inde ut medium iſtud longe magis ſit rarum magiſque elaſticum quam aer, & conſequenter corporum projectorum motui longe minus reſiſtat, longe autem magis corpora craſſa apprimat eo conatu, qui eſt ſeſe quoquoverſum expandendi.

QUÆSTIO XXII.

Annon planetæ & cometæ & craſſa corpora omnia movebuntur multo liberius, multoque eis minus reſiſtetur, in hoc æthereo medio, quam in ullo fluido quod ſpatium omne penitus nulliſque interjectis meatibus in totum compleat, quodque proinde multo denſius ſit quam argentum vivum aut aurum? Et reſiſtentia hujus medii annon adeo exigua eſſe poterit, ut inſtar nihili reputetur? Exempli gratia: Si ætherem hunc (id enim ei nomen quidni imponam?) exiſtimemus 700000 partibus magis elaſticum eſſe quam aerem noſtrum, atque etiam amplius 700000 partibus magis rarum; jam ejus reſiſtentia amplius 600000000 partibus minor foret, quam aquæ. Tam exigua autem reſiſtentia, per decem millia annorum vix planetarum motibus variationem ullam induceret, quæ ſenſu percipi poſſet. Quod ſi quis illud hic quærat, qui fieri poſſit ut medium aliquod tam ſit valde rarum; oſtendat is velim, quomodo aer noſter, in atmoſphæra ſuperiori, rarior eſſe queat quam aurum, amplius centies millies millenis partibus. Oſtendat inſuper, quomodo corpus electricum, quum fricetur, exhalationem emittere poſſit tam raram tamque ſubtilem, & tamen eodem tempore tanta vi præditam, ut quamvis emiſſione ipſius nihil quicquam de corporis electrici pondere (quod quidem ſenſu percipi queat) diminuatur, ipſaque per ſphæram diametro amplius binorum pedum ſit uſquequaque diffuſa, valeat tamen, intervallo amplius pedali a corpore electrico, auri cuprive bracteas agitare & ſurſum ferre: quove pacto magnetis effluvia tam rara atque ſubtilia eſſe poſſint, ut per laminam vitream tranſeuntibus minime reſiſtatur, neque de eorum vi quicquam diminuatur; & tamen tanta eſſe vi prædita, ut acum magneticam ultra vitrum poſitam facile circumagant.

QUÆSTIO XXIII.

Annon Viſus efficitur præcipue medii hujuſce vibrationibus, quæ in fundo oculi radiis luminis excitentur, indeque per ſolida, pellucida, & uniformia, nervorum opticorum capillamenta, uſque in ſentiendi locum propagentur? Et Auditus annon efficitur vel hujuſce vel alius cujuſdam medii vibrationibus, quæ tremoribus aeris in nervis auditoriis excitentur, indeque per ſolida, pellucida, & uniformia nervorum iſtorum capillamenta ad uſque ſentiendi locum propagentur? Et ſimiliter in reliquis ſenſuum?

QUÆSTIO XXIV.

Annon motus animalis, medii ejuſdem efficitur vibrationibus; quæ in cerebro poteſtate voluntatis excitentur, indeque per ſolida, pellucida, & uniformia nervorum capillamenta, in muſculos, eorum contrahendorum ac dilatandorum gratia, propagentur? Nervorum capillamenta ſingula ſolida eſſe pono & uniformia; ut motus vibrans medii ætherei, per ea uniformiter & non interrupte ab uſque uno extremo ad alterum propagetur: nam obſtructiones nervorum paralyſin inducunt. Quo autem ſatis uniformia ſint, exiſtimo ea pellucida eſſe ſingula; quamvis reflexiones luminis in cylindraceis ipſorum ſuperficiebus, efficiant ut totus nervus (ex capillamen-

tis

Digitized by Google

tis permultis compositus) opacus videatur & albus. Etenim opacitas oritur ex superficiebus reflectentibus, quæ medii hujusce motibus turbandis & interrumpendis aptæ sint.

QUÆSTIO XXV.

Annon aliæ sunt adhuc radiorum luminis proprietates congenitæ, præter eas quæ hactenus descriptæ sunt? Utique aliam congenitam proprietatem aperit nobis refractio *crystalli Islandicæ*; quam quidem primo descripsit *Erasmus Bartholinus*; accuratius autem postea *Hugenius*, in libro suo *de lumine* gallice edito. Est crystallus ista lapis pellucidus & fissilis, aquam, vel crystallum de rupe, pelluciditate æquiparans; coloris expers; caloris adeo patiens, ut etiam candefieri possit, nec tamen in posterum translucere desinat; & calore vehementissimo in calcem redigitur, nec tamen liquescit. In aqua diem unum vel alterum macerata, polituram suam naturalem amittit. Panno affricta, attrahit sibi stramenta, & alia corpora levia, instar electri, vel vitri. Et, cum aqua forti, ebullitionem ciet. Videtur esse lapis ejus generis, quod vulgo talcum appellant. Invenitur ea fere specie, quæ est parallelopipedi obliqui; lateribus sex parallelogrammis, & octo angulis solidis. Parallelogrammorum anguli obtusi sunt graduum 101, 52′; acuti autem graduum 78, 8′. Angulorum solidorum duo, sibi invicem ex adverso oppositi, E & C, (*Fig.* 4. *Tab. I.*) continentur ternis angulis obtusis; reliqui autem sex, angulis obtusis singulis, & binis acutis. Findit se facile in plana, quæ sint laterum cuivis parallela; in alia autem plana, non item. Findit se in superficiem politam & nitentem, non illam quidem perfecte planam, sed asperam aliquantillum & inæqualem. Interraditur facillime; &, propter nimiam mollitiem, ægre admodum perpolitur. Politur melius super vitro lævi & speculari, quam super metallo; & adhuc melius fortasse in pice, corio, aut membrana. Oportebit autem deinceps oleo vel ovi albumine defricari, ad rasuras implendas & lævigandas; quo demum pacto, valde perlucida evadet & expolita. Verum ad plurima quidem experimenta, nihil opus est ut poliatur. Si hujus lapidis crystallini frustum libro typis impresso imponatur; literæ singulæ, per crystallum istam inspectæ, gemina quadam refractione videbuntur binæ. Et, si quis luminis radius in quamlibet ejus superficiem incidat, vel ad perpendiculum, vel quovis obliquo angulo; dividitur is continuo, gemina ista refractione, in duos radios. Quorum quidem radiorum uterque eodem est colore, ac ipse radius incidens; & inter se etiam pares, ad quantitatem luminis, vel ferme pares videntur. Duarum istarum refractionum altera eo modo efficitur, quomodo ex usitatis optices legibus effici debet; ita nimirum, ut sinus incidentiæ ex aere in hanc crystallum, eam habeat rationem ad sinum refractionis, quam habent 5 ad 3. Altera, quæ appellari potest refractio inusitata, efficitur sequenti lege.

Sit A D B C, superficies crystalli refringens; C, angulorum solidorum ad istam superficiem maximus; G E H F, superficies ex adverso opposita; & C K, linea isti superficiei perpendicularis. Hæc linea perpendicularis, cum crystalli acie extrema C F, angulum continet graduum 19, 3′. Junge K F; & in ea sume K L ita, ut angulus K C L sit graduum 6, 40′; angulus autem L C F, gradum 12, 23′. Quo facto, si jam linea S T repræsentet radium aliquem luminis incidentem ad T, quovis angulo, in superficiem refringentem A D B C; esto T V radius refractus; is autem, quis sit, invenietur ex data illa proportione sinuum, 5 ad 3, secundum usitatas optices leges. Ducatur deinde V X, parallela & æqualis lineæ K L; ducatur autem ita, ut jaceat illa ad easdem partes ab V, ad quas L jacet a K; & junge T X; eritque hæc linea T X, radius refractus alter, inusitata videlicet refractione delatus a T ad X.

Jam si igitur radius ille incidens S T incidat utique ad perpendiculum in superficiem refringentem; erunt bini isti radii T V & T X, in quos ille refringendo erit dispertitus, paralleli facti lineis C K & C L: altero nimirum istorum radiorum se

Digitized by Google

ad perpendiculum per cryſtallum tranſmittente, quomodo ex uſitatis optices legibus fieri debet; altero autem T X, per refractionem inuſitatam, divergente a linea perpendiculari, & continente cum ea angulum V T X, graduum circiter $6\frac{2}{3}$; uti experientia quidem compertum eſt. Atque hinc planum V T X, eique ſimilia plana, quæ quidem parallela ſunt plano C F K, appellari poterunt *plana perpendicularis refractionis*: & plaga ea, quo ſpectant lineæ K L & V X, a K & V ductæ, appellari poterit *plaga inuſitatæ refractionis*.

Simili ratione, *cryſtallus de rupe* geminam habet refractionem. Verum differentia duarum refractionum minor eſt, nec tam manifeſta, quam in cryſtallo Iſlandica.

Quum radius S T, qui in primam cryſtalli Iſlandicæ ſuperficiem inciderat, diſpertitus eſt in duos radios T V & T X; iique duo radii ad poſteriorem cryſtalli ſuperficiem perveniunt; radius ille T V, qui in prima ſuperficie refractus fuerat ratione uſitata, idem, in ſecunda ſuperficie, uſitata iterum ratione integer refringetur; radiuſque alter T X, qui in prima ſuperficie refractus fuerat ratione inuſitata, idem, in ſecunda ſuperficie, inuſitata iterum ratione integer refringetur: adeo ut hi ambo radii emerſuri ſint e ſecunda illa ſuperficie, in lineis primo incidenti radio S T parallelis.

Quod ſi duarum cryſtalli Iſlandicæ portionum altera poſt alteram ita ſit collocata, ut poſterioris ſuperficies ſingulæ, ſint prioris ſuperficiebus ſingulis comparate parallelæ; jam radii illi, qui in prioris cryſtalli ſuperficie prima, refringebantur ratione uſitata, iidem uſitata iterum ratione refringentur in poſterioribus ſuperficiebus omnibus: & qui radii in prioris cryſtalli ſuperficie prima, refringebantur ratione inuſitata, iidem inuſitata iterum ratione in poſterioribus omnibus ſuperficiebus refringentur. Quod idem quoque ſimiliter evenit, quocunque modo ad ſe invicem inclinatæ fuerint cryſtallorum ſuperficies; dummodo plana ſua refractionis perpendicularis ſint inter ſe parallela.

Eſt igitur congenita quædam radiorum luminis differentia, qua fit ut, in hoc quidem experimento, radiorum alii perpetuo refringantur ratione uſitata, alii autem perpetuo ratione inuſitata. Etenim ſi differentia iſta non eſſet congenita, ſed oriretur ex novis modificationibus, quæ quidem in prima refractione radiis imprimerentur; utique ea novis itidem modificationibus, in tribus ſequentibus refractionibus, porro immutaretur. Immutatur autem nequaquam; ſed eadem manet perpetuo, unumque ac eundem in radiis effectum obtinet in refractionibus illis univerſis. Quare refractio inuſitata pendet ex congenita quadam radiorum proprietate. Idque adhuc inquirendum reſtat, annon etiamnum aliæ ſint aliquæ proprietates congenitæ radiorum, quas humana nondum obſervavit perſpicacia.

QUÆSTIO XXVI.

Annon radiorum luminis diverſa ſunt latera, diverſis proprietatibus congenitis prædita? Etenim, ſi plana perpendicularis refractionis ſecundæ cryſtalli, poſita ſint ad rectos angulos cum planis perpendicularis refractionis primæ cryſtalli; jam radii qui in trajectu primæ cryſtalli refringebantur ratione uſitata, iidem omnes in trajectu ſecundæ refringentur ratione inuſitata; & qui radii in trajectu primæ cryſtalli refringebantur ratione inuſitata, iidem omnes in trajectu ſecundæ refringentur ratione uſitata. Quare non ſunt duo diverſa radiorum inter ſe natura ſua differentium genera, quorum alteri quidem perpetuo & in omni poſitu refringantur ratione uſitata, alteri autem ſemper & in omni poſitu refringantur ratione inuſitata: ſed duo illa radiorum genera in experimento jam ſupra in XXV. quæſtione memorato, hoc ſolum inter ſe differebant, quod radii, pro diverſo ſuo poſitu, diverſis ſuis lateribus ſpectabant plana perpendicularis refractionis cryſtalli. Nam, in præſenti experimento, unus idemque radius refringitur alias uſitata ratione, alias inuſitata; pro eo, quo poſitu latera ipſius ſint ad cryſtallos converſa. Si eadem radii alicujus latera,

ſpe-

ſpectent ad eaſdem partes utriuſque cryſtalli ; jam radius iſte refringetur una eademque ratione in utraque cryſtallo . Sin autem radii latus id , quod converſum ſit ad plagam inuſitatæ refractionis prioris cryſtalli , diſtet nonaginta gradibus ab eo ejuſdem radii latere , quod ſpectet ad plagam inuſitatæ refractionis ſecundæ cryſtalli ; (quod quidem effici poteſt , ita convertendo ſecundam cryſtallum , ut illa diverſo jam poſitu priorem cryſtallum , & conſequenter radios ipſos luminis, ſpectet ;) jam radius iſte refringetur diverſis rationibus in diverſis cryſtallis . Ut definire poſſis, utrum radii , qui incidunt in ſecundam cryſtallum , refringendi ſint ratione uſitata , an vero inuſitata ; nihil aliud opus eſt , quam ut ſecunda illa cryſtallus ita convertatur , ut ejus plaga inuſitatæ refractionis ſit ab hoc vel illo radii latere poſita . Quare unuſquiſque radius ita conſiderari poterit, ut in eo quatuor concipiantur plagæ ſive latera ; quorum quidem duo inter ſe ex adverſo oppoſita , faciant ut radius toties refringatur ratione inuſitata , quoties alterutrum eorum converſum ſit ad cryſtalli plagam inuſitatæ refractionis; reliqua autem duo, quoties eorum quidem alterutrum converſum ſit ad plagam *inuſitatę refractionis* , non tamen efficiant ut radius alia ulla , præterquam uſitata , ratione refringatur . Quorum itaque laterum priora quidem duo, appellari poterunt *latera* inuſitatæ refractionis. Et quoniam hæ diſpoſitiones in radiis inerant, antequam ii in ſecundam, tertiam , & quartam binarum cryſtallorum ſuperficiem inciderent ; nec quicquam omnino immutabantur hæ diſpoſitiones , (quod quidem percipi potuerit ,) refractione radiorum in tranſitu ſuo per iſtas ſuperficies; radii autem refringebantur unis eiſdemque legibus in unaquaque ſuperficierum quatuor: videtur utique, haſce diſpoſitiones radiis fuiſſe congenitas, nec prima refractione quicquam omnino fuiſſe immutatas ; verum earum quidem ipſarum efficientia , radios in primam ſuperficiem cryſtalli primæ incidentes , refractos fuiſſe ; alios quidem ratione uſitata , alios vero inuſitata ; pro eo ac ipſorum latera inuſitatæ refractionis, tunc temporis vel ſpectarent plagam inuſitatæ refractionis iſtius cryſtalli , vel ſitu ei tranſverſo eſſent poſita .

Habent igitur ſinguli radii luminis, bina latera inter ſe ex adverſo oppoſita , quibus quidem lateribus congenita eſt proprietas ea , e qua pendet refractio inuſitata ; altera autem bina latera , proprietatis iſtius expertia . Idque adhuc inquirendum reſtat, annon etiamnum aliæ proprietates ſint luminis, quibus latera radiorum differant & inter ſe diſtinguantur .

Hactenus laterum radiorum differentiam ita explicavi , ut radios in primam cryſtallum ad perpendiculum poſuerim incidentes . Verum , ſi oblique incidant , idem plane erit experimenti exitus . Qui radii in prima cryſtallo refringuntur ratione uſitata, iidem in ſecunda cryſtallo refringentur ratione inuſitata ; quoties binarum cryſtallorum plana perpendicularis refractionis, ſint inter ſe , ut ſupra , ad rectos angulos poſita : & contra .

Si binarum cryſtallorum plana perpendicularis refractionis , ſint inter ſe neque parallela, neque ad perpendiculum poſita , ſed angulum acutum contineant ; jam duorum iſtorum radiorum e prima cryſtallo emergentium uterque dividetur inſuper in binos radios , in ingreſſu ſecundæ cryſtalli . Etenim , in hoc caſu, radioli , ex quibus uterque duorum iſtorum radiorum conſtat , habebunt alii latera ſua inuſitatæ refractionis , alii autem latera ſua altera , converſa ad plagam inuſitatæ refractionis ſecundæ cryſtalli .

QUÆSTIO XXVII.

Annon errantes ſunt hypotheſes illæ omnes, quas uſque adhuc in id confinxerunt philoſophi , ut phænomena luminis per novas radiorum modificationes explicarent ? Non enim pendent phænomena illa ex novis modificationibus , (quomodo commenti ſunt phyſici ;) ſed ex congenitis & immutabilibus radiorum proprietatibus .

Digitized by Google

QUÆSTIO XXVIII.

Annon errantes sunt hypotheses illæ omnes, quibus lumen in pressu quodam, seu motu per medium fluidum propagato, consistere fingitur? Nam in his omnibus hypothesibus phænomena luminis usque adhuc ita explicarunt philosophi, ut ea ex novis quibusdam radiorum modificationibus oriri posuerint. Quæ est opinio errans.

Si lumen consisteret in pressu solummodo, propagato sine motu actuali; utique non posset id agitare & calefacere corpora, quæ id refringunt & reflectunt. Si lumen consisteret in motu, propagato ad omnia intervalla in puncto temporis; jam ad motum istum generandum opus esset vi infinita, singulis momentis, in particulis singulis lucentibus. Et, si lumen consisteret vel in pressu vel in motu, propagato per medium fluidum; sive in momento id fieret, sive in spatio temporis; utique futurum esset, ut id in umbram sese inflecteret. Etenim pressus vel motus in medio fluido, ultra quodvis obstaculum, quod partem aliquam motus impediat, propagari non potest in lineis rectis; sed omnino sese inflectet & diffundet quaquaversus, in medium quiescens quod ultra id obstaculum jaceat. Vis gravitans deorsum tendit: attamen aquæ pressus, qui ex vi gravitatatis oritur, tendit quaquaversus vi æquabili; & pari facilitate, paribusque etiam viribus, propagatur in latus, ac deorsum; & per curvas vias, ac per rectas. Undæ in superficie aquæ stagnantis, dum oras lati cujusvis obstaculi præterlabuntur, quod eas partim impedit; inflectunt sese & dilatant diffunduntque gradatim in aquam ultra id obstaculum quiescentem. Undæ, pulsus, seu vibrationes aeris, in quibus soni consistunt, inflectunt se manifesto, licet non tantum quantum undæ aquæ. Nam sonus campanæ vel tormenti bellici audiri potest trans montem, cujus interpositu corpus id quod sonum emittit, ne possit oculis cerni, intercluditur; & soni propagantur pari facilitate per tubas incurvas, ac per rectas. At lumen nunquam compertum est vias incurvas ingredi, nec sese in umbram inflectere. Nam stellæ fixæ, planetarum cujusvis interpositu, continuo evanescunt; itemque Solis partes aliquæ, interpositu Lunæ, Mercurii, aut Veneris. Radii, qui proxime ipsas alicujus corporis extremitates transeunt, inflectuntur quidem aliquantillum, corporis istius actione; quomodo supra est expositum: verum hæc quidem inflexio, non ad umbram versus, sed ad contrarias fit partes; idque in ipsa duntaxat transitione radii prope corpus extremum. Simul ac id corpus prætervectus sit, recta deinceps progreditur.

Inusitatam crystalli Islandicæ refractionem ope pressus vel motus propagati explicare, nemo (quod sciam) usque adhuc conatus est, præter unum *Hugenium*; qui quidem ad hunc finem duo diversa in ista crystallo inesse media vibrantia confinxit. Verum ipse, postquam refractiones istius crystalli, quænam essent, in binis frustis adpositis expertus fuisset; easque tales, quales supra expositæ sunt, comperisset; fassus est se ad eas explicandas, quo se verteret, plane jam nescire. Etenim pressus vel motus a lucente corpore per medium uniforme propagati, necesse est ut sint ab omni sui parte consimiles. At radios luminis, per experimenta illa in binis crystallis facta, constat in diversis suis lateribus diversas habere proprietates. Suspicatus est *Hugenius*, ætheris pulsus, inter transeundum per primam crystallum, acquirere sibi posse novas quasdam modificationes; quibus utique efficeretur, ut iidem in secunda crystallo, per hoc vel illud deinceps medium, pro positu istius crystalli, propagarentur: at quales illæ modificationes essent, explicare non potuit: nec * quicquam omnino comminisci, quod sibi ipsi posset facere satis. Quod si is illud porro intellexisset, utique inusitatam refractionem non ex novis modificationibus, sed ex congenitis & immutabilibus radiorum proprietatibus pendere; jam & hoc ei visum fuisset nihilo minus difficile explicatu, quemadmodum dispositiones istæ, quas ille a prima crystallo radiis

* *Mais pour dire comment cela se fait, je n'ai rien trouvé jusqu'ici, qui me satisfasse.* Hugen. de la lumiere, c. 5. pag. 91.

Digitized by Google

diis impressas existimavit, in eis jam ante, quam in istam crystallum inciderent, inesse potuerint; &, in universum, qui fieri possit, ut omnes radii, quos corpora lucida emittunt, dispositiones istas in se ab initio & ab usque prima sua origine habeant. Mihi sane hæc res nullos omnino videtur habere posse explicatus, si lumen nihil sit aliud quam pressus quidam vel motus per ætherem propagatus.

Porro, ex his hypothesibus, illud etiam nihilo minus difficile est explicatu, qui fieri possit, ut radii sint alternatim in vicibus facilioris reflexionis & facilioris transmissus. Nisi quis hoc forte sibi comminisci velit; utique in omni loco inesse duo media ætherea vibrantia; quorum quidem alterius vibrationes, lumen constituant; vibrationes autem alterius, quoniam celeriores fingentur, efficiant, quoties prioris vibrationes illas prevertunt, ut illæ prioris vibrationes sint in istis vicibus. Verum qui fieri queat, ut per spatium universum diffusa sint duo ætherum genera, quorum hoc in illud, & illud consequenter in hoc vicissim agat, nec tamen mutuos suos motus retardent, diffringant, dispergant & perturbent; concipi utique non potest. Quominus autem cœli mediis fluidis (nisi supra modum rara sint illa) repleri debeant, faciunt omnino planetarum & cometarum per spatia cœlestia undique & quaquaversum regulares atque durabiles motus. Inde enim liquet, spatia cœlestia omnis sensibilis resistentiæ, & consequenter omnis sensibilis materiæ, expertia esse.

Etenim vis resistens mediorum fluidorum, oritur partim ex attritu partium medii, & partim ex vi inertiæ materiæ. Quæ pars resistentiæ corporis sphærici, oritur ex attritu partium medii; ea est quamproxime ut diameter, vel, ad summum, ut factum ex diametro & velocitate corporis istius sphærici. Quæ autem illius resistentiæ pars oritur ex vi inertiæ materiæ; ea est ut quadratum ejusdem facti. Atque hac quidem differentia, distingui poterunt inter se bina illa resistentiæ genera in quovis medio. Distincta autem illa cum fuerint, apparebit resistentiam corporum, quæ quidem idonea sint magnitudine, & idonea aliqua velocitate moveantur in aere, aqua, argento vivo, vel quovis istiusmodi fluido, oriri fere totam ex vi inertiæ partium fluidi.

Jam quidem ea pars resistentiæ cujusvis medii, quæ oritur ex tenacitate, frictu, vel attritu partium medii, diminui poterit, dividendo materiam in minores partes, efficiendoque ut partes eæ magis lubricæ fiant & lævigatæ: At vero ea resistentiæ pars, quæ oritur ex vi inertiæ, proportione respondet densitati materiæ; & diminui nequit, nec dividendo materiam in partes minores, nec alia ulla ratione, nisi ita si, densitas ipsa diminuatur. Atque hisce de causis, mediorum fluidorum densitas proportione respondet resistentiæ ipsorum quamproxime. Qui liquores parum inter se differunt densitate; ut aqua, spiritus vini, spiritus resinæ terebinthinæ, oleum calidum, & similia; iidem etiam parum inter se differunt vi resistente. Aqua tredecim vel quatuordecim partibus levior est, quam argentum vivum: & consequenter 13 vel 14 partibus rarior: & ejusdem vis quidem resistens, tanto vel circiter tanto minor est quam argenti vivi; uti in pendulis experiendo comperi. Aer apertus, quem spiritu ducimus, octingentis vel nongentis partibus levior est quam aqua; & consequenter totidem partibus rarior: & ejusdem vis quidem resistens, eadem vel fere eadem proportione minor est quam aquæ; uti in pendulis similiter experiendo comperi. Porro in tenuiori aere, vis resistens usque diminuitur; donec tandem, rarescente ulterius aere, minor ea facta sit quam quæ sensu omnino percipi queat. Nam plumulis in aperto aere cadentibus, multum quidem resistitur: at eædem in vitro alto, e quo aer, quam poterat maxime, exhaustus fuerit, pari celeritate, ac plumbum ipsum vel aurum, cadere cernuntur: uti sæpius expertus sum. Unde videtur sane resistentia usque diminui, qua proportione densitas ipsa diminuitur fluidi. Neque enim ullis experimentis comperio, corpora quæ moventur in argento vivo, aqua, vel aere, aliam sibi ullam offendere resistentiam sensibilem, præter eam quæ ex illorum ipsorum fluidorum sensibilium densitate & tenacitate oritur: quam tamen aliam aliquam resistentiam omnino offendere deberent, si occultos fluidorum istorum meatus, & quidem alia etiam spatia omnia, repleret aliud adhuc subtile atque densum

Digitized by Google

sum fluidum. Jam, si resistentia in vase, e quo aeris quam poterat plurimum exhaustum fuerat, centum duntaxat partibus minor esset, quam in aperto aere; utique illa ipsa circiter decies centenis millibus partium minor foret, quam resistentia argenti vivi. Atqui resistentia in istiusmodi vase evacuato, multo quam dictum est minor esse videtur; multoque etiam adhuc minor in cælestibus spatiis, intervallo trecentorum vel quadringentorum milliarium in altitudinem, vel adhuc longius a terra. Ostendit enim D. *Boylius*, aerem in vasis vitreis amplius decies millies solito rariorem fieri posse. Spatia autem cœlestia multo magis vacua sunt aere, quam ullum spatium quod nos quidem hic possimus evacuasse. Etenim, cum aer compressus sit atmosphæræ incumbentis pondere; densitas autem aeris, proportionalis sit vi eum comprimenti; sequitur utique, posito calculo, aerem, intervallo circiter septem milliarium Anglicorum a terra in altitudinem, quadruplo rariorem esse, quam in superficie terræ; intervallo quatuordecim milliarium, decies & sexies rariorem quam in superficie terræ; intervallo milliarium 21, 28, vel 35, circiter 64, 256, vel 1024 partibus rariorem esse, comparate; & intervallo milliarium 70, 140, vel 210, partibus circiter 1000000, 1000000000000, vel 1000000000000000000 rariorem esse; & sic deinceps.

Calor multum facit ad fluiditatem, diminuendo tenacitatem corporum. Fluida reddit multa corpora, quæ alioqui fluida non sunt; augetque fluiditatem liquorum tenacium, ut olei, balsami, mellis; eorumque vim resistentem eo pacto imminuit. At aquæ vim resistentem non multum imminuit; quod utique facere deberet, siquidem aquæ resistentiæ pars aliqua notatu digna oriretur ex attritu vel tenacitate partium suarum. Quare aquæ vis resistens oritur præcipue & fere tota, ex vi inertiæ materiæ suæ. Et consequenter, si spatia cœlestia æque densa essent, ac aqua; haberent utique vim resistendi non multo minorem, quam aqua: si æque densa essent, ac argentum vivum; vim resistendi haberent non multo minorem, quam argentum vivum: si perfecte planeque densa essent, sive materiæ plena, sine ullo omnino spatio vacuo; quantumvis licet fluida & subtilis esset ea materia; vim resistendi tamen haberent majorem, quam argentum vivum. Globus plane solidus, in istiusmodi medio, amitteret amplius dimidiam motus sui partem, interea dum spatium ternas sui diametros longum percurreret. Et globus non plane solidus, (qualia sunt planetarum corpora,) citius sisteretur. Quo itaque locus sit diuturnis & regularibus planetarum cometarumque motibus, omnino necesse est ut spatia cœlestia omni materia sint vacua; nisi forte excipiendi erunt tenuissimi aliqui vapores, exhalationes, vel effluvia, quæ oriantur ex atmosphæris terræ, planetarum & cometarum; & æthereum aliquod medium longe longeque rarissimum, quale supra descripsimus. Fluidum densum, nullo modo utile esse potest ad explicanda phænomena naturæ; quando planetarum quidem & cometarum motus, ope gravitatis, melius explicantur sine illo. Nihil aliud facere posset istiusmodi fluidum, nisi ut magnorum illorum corporum motus interturbaret & retardaret, efficeretque ut naturæ ordo languesceret; & in occultis corporum meatibus, nihil aliud quam sisteret partium suarum motus vibrantes, in quibus calor ipsorum & vis omnis actuosa consistit. Porro, ut ad nullam rem utile est istiusmodi fluidum; e contrario autem impediret operationes naturæ, languidioresque eas redderet; ita nulla firma ratio est, quæ nos adducat ut existere id omnino credamus; ideoque penitus rejiciendum est. Quod si illud rejectum erit; rejicientur simul hypotheses eæ, quibus lumen in pressu vel motu per istiusmodi medium propagato consistere fingitur.

Istiusmodi autem medium ut rejiciamus, auctores nobis sunt antiquissimi illi & celeberrimi Græciæ Phœniciæque philosophi; qui principia philosophiæ suæ, spatium inane, atomos, & gravitatem atomorum posuerunt; tacite attribuentes vim gravitatis, alii alicui causæ a materia densa diversæ. Cujus quidem causæ physici recentiores, in rebus naturæ speculandis, nullam rationem habuerunt; hypothesium commenta confingentes, quibus phænomena omnia ex mechanicis legibus explicarent; & contemplationem aliarum causarum, in metaphysicam rejicientes. Cum, e contrario,

Digitized by Google

rio, philosophiæ naturalis id revera præcipuum sit & officium & finis, ut ex phænomenis sine fictis hypothesibus arguamus, & ab effectis ratiocinatione progrediamur ad causas, donec ad ipsam demum Causam primam (quæ sine omni dubio mechanica non est) perveniamus; nec mundi mechanismum solummodo explicemus, verum etiam insuper & præcipue ut hasce & hujusmodi quæstiones tandem expediamus; *Quidnam inest in spatiis materia fere vacuis?* & *unde est quod Sol & planetæ ad se invicem gravitent, sine materia densa interjecta? Qui fit, ut natura nihil agat frustra?* & *unde orta est eximia illa mundi universi species & pulchritudo? Quem in finem facti sunt cometæ?* & *unde est quod planetarum cursus sit unus omnium, unaque directione in orbibus concentricis ferantur eodem omnes; cum cometæ in orbibus valde admodum excentricis undique & quaquaversum ferantur in omnes cœli partes?* & *quidnam est quod impedit, quominus stellæ fixæ in se mutuo irruant? Qui fit, ut corpora animalium tam exquisita sint arte atque consilio fabricata? & quos ad fines conformatæ sunt diversæ ipsorum partes? Fierine potuit, ut oculus sine scientia optices fuerit constructus? aut auris, sine intelligentia sonorum? qui fit, ut motus corporis obsequantur imperio voluntatis? & unde est instinctus ille quem vocant, in animalibus? Annon sensorium animalium est locus cui substantia sentiens adest, & in quem sensibiles rerum species per nervos & cerebrum deferuntur, ut ibi præsentes a præsente sentiri possint?* Atque his quidem rite expeditis, *annon ex phænomenis constat, esse Entem incorporeum, viventem, intelligentem, omnipræsentem, qui in spatio infinito, tanquam sensorio suo, res ipsas intime cernat, penitusque perspiciat, totasque intra se præsens præsentes complectatur; quarum quidem rerum id quod in nobis sentit & cogitat, imagines tantum ad se per organa sensuum delatas, in sensoriolo suo percipit & contuetur?* Utique si verus omnis in hac philosophia factus progressus, non quidem statim nos ducit ad Causæ primæ cognitionem; at certe propius propiusque nos ad eam perpetuo adducit, eaque re permagni est æstimandus.

QUÆSTIO XXIX.

Annon radii luminis exigua sunt corpuscula, e corporibus lucentibus emissa? Etenim istiusmodi corpuscula per media uniformia transmitti debebunt in lineis rectis, sine inflectendo in umbram; quo quidem modo transmittuntur radii luminis. Poterunt quoque diversas habere proprietates, istasque proprietates inter transeundum per diversa media immutabiles conservare: quæ & ipsa itidem radiorum luminis est natura. Corpora pellucida agunt in radios luminis, per intervallum aliquod interjectum; quum eos refringunt, reflectunt, & inflectunt: radiique vicissim corporum istorum particulas, per interjectum aliquod intervallum, agitant, ad ea calefacienda: atque hæc quidem actio & reactio, quæ est per intervallum aliquod interjectum, ad vim attrahentem corporum valde admodum videtur similitudine accedere. Si refractio efficiatur attractione radiorum; consequens erit, ut sinus incidentiæ debeant ad sinus refractionis in data esse proportione; sicuti in *Principiis* nostris *Philosophiæ* ostensum est: atque hæc quidem regula experientia comprobatur. Radii luminis inter transeundum e vitro in vacuum, inflectuntur ad vitrum versus; &, si nimium oblique in vacuum incidant, revertuntur in vitrum, & ex toto reflectuntur. Atque hujus quidem reflexionis causa attribui non potest resistentiæ vacui, sed omnino vi alicui in vitro, quæ radios jam in vacuum exeuntes retrahat & reducat. Etenim, si posterior vitri superficies, aqua, vel oleo limpido, vel melle liquido & pellucido madefiat; jam radii, qui alioqui reflecterentur, transibunt in istum liquorem. Ex quo apparet, radios non ante reflecti, quam ad postremam ipsam vitri superficiem pervenerint, perque eam exire incipiant. Si ex ea egredientes, incidant jam in liquorum aliquem prædictorum, utique progredi, qua cœperint, pergunt; quia vitri attractio paribus fere virium momentis e contraria parte æquatur, & ne effectum suum obtineat impeditur, attractione contrario liquoris sibi adhærentis: sin autem radii e posteriore illa superficie egredientes, incidant in spatium vacuum, quod,

quod, cum vim attrahentem nullam habeat, vitri attractionem æquiparare & irritam reddere non possit; jam vitri attractio eos vel detorquendo refringit, vel reducendo reflectit. Atque hoc quidem adhuc clarius apparere poterit, committendo inter se bina prismata vitrea, vel bina vitra telescopiorum prælongorum objectiva, quorum quidem alterum planum sit, alterum autem aliquantulum convexum; eaque ita comprimendo, ut nec plane se inter se contingant, nec nimio tamen intervallo distent. Jam enim id luminis, quod in vitri prioris superficiem posteriorem incidat, qua parte vitra ista inter se intervallo non amplius $\frac{1}{1000000}$ partis unciæ distent, transmittetur per superficiem illam, perque aerem vel vacuum vitris interjectum, & in vitrum secundum ingredietur; quomodo expositum est in observationibus I., IV. & VIII. primæ partis libri secundi. Sin autem vitrum secundum submoveatur; jam id luminis, quod e secunda superficie primi vitri egreditur in aerem vel vacuum, non utique illac progredietur, verum revertetur in vitrum primum, & reflectetur. Ex quo apparet, radios vi aliqua, quæ insit in primo vitro, retrahi; quippe cum nihil sit aliud, quod efficere possit ut ii revertantur. Porro, ad colorum varietatem omnem, diversosque refrangibilitatis gradus producendos; nihil aliud opus est, quam ut radii luminis sint corpuscula diversis magnitudinibus: quorum quidem ea, quæ sint minima, colorem constituant violaceum, utique tenebricosissimum & languidissimum colorum; eademque omnium facillime, superficierum refringentium actione, de via recta detorqueantur: reliqua autem, ut eorum quodque in magnitudinem excedit, ita colores exhibeant fortiores & clariores, utique cæruleum, viridem, flavum, & rubrum; itemque eadem proportione difficilius usque & difficilius de via detorqueantur. Adhæc, quo radii luminis alternas habeant facilioris reflexionis & facilioris transmissus vices, nihil aliud opus est, quam ut ii exigua sint corpuscula; quæ vel attractione sua, vel alia aliqua vi, vibrationes quasdam in medio, in quod agunt, excitent; quæ quidem vibrationes, radiis celeriores existentes, prævertant eos successive, & ita agitent, ut velocitatem ipsorum augeant imminuantque alternis, adeoque vices illas in ipsis generent. Denique inusitata illa crystalli Islandicæ refractio, valde admodum verisimile est, ut efficiatur vi aliqua attrahente, quæ insit in certis lateribus tum radiorum luminis, tum particularum crystalli. Nam si non virtus aliqua sive vis istiusmodi, in alteris inesset lateribus particularum crystalli, in alteris non item; quæ quidem vis, radios detorqueret & flecteret ad partes refractionis inusitatæ; utique fieri non posset, ut radii qui in crystallum ad perpendiculum incidant, eo versus, potius, quam aliorsum, tum in ingressu tum in egressu suo ita refringerentur, ut ad perpendiculum itidem emergerent per contrarium jam situm plagæ inusitatæ refractionis in superficie secunda; crystallo nimirum usque in radios agente, postquam ii per illam transmissi, jamjam in aerem, vel, si placet, in vacuum emergunt. Et, quoniam crystallus, ista vi sua, non agit in radios, nisi tum cum & radiorum latera inusitatæ refractionis altera, ad plagam istam crystalli sint conversa; apparet in radiorum quoque lateribus illis inesse vim sive virtutem aliquam, quæ correspondeat vi isti quæ est in crystallo, eo fere modo quo binorum magnetum poli sibi invicem respondent. Quæ quidem magnetum virtus, sicut augeri & imminui potest, nec nisi in solis magnetibus atque in ferro invenitur; ita vis hæc refringendi radios ad perpendiculum incidentes, major est in crystallo Islandica, in crystallo de rupe minor, necdum in aliis corporibus observata est ulla. Non hoc ita intelligi velim, ut hanc virtutem magneticam esse affirmare videar: videtur ea diversi esse generis. Hoc tantum affirmare velim; utique, quæcunque demum ea vis sit, vix concipi posse qui fieri queat ut radii luminis, nisi sint illi exigua corpuscula, vim aliquam habeant in binis laterum suorum permanentem, quæ eadem in alteris eorum lateribus eodem tempore non insit; idque nulla habita ratione, quo positu ipsi respiciant spatium sive medium per quod transmittantur.

Quid in hac quæstione velim, cum dicam vacuum, & attractiones radiorum luminis adversum vitrum aut crystallum; intelligi potest ex iis quæ supra dicta sunt in quæstionibus XVIII, XIX, & XX.

QUÆ-

Digitized by Google

QUÆSTIO XXX.

Annon corpora crassa & lumen in se mutuo converti & transmutari possunt? & annon fieri potest, ut corpora vim suam actuosam plurimum accipiant a particulis luminis, quæ in eis componendis insunt? Etenim corpora omnia fixa, quum sint calefacta, lumen emittunt tamdiu, dum satis calida permanent: & lumen vicissim immittit se & inhæret in corporibus, quoties radii ejus in particulas ipsorum impingunt; quomodo supra est expositum. Nullum corpus, quod sciam, minus aptum est ad lucendum, quam aqua: attamen aqua distillationibus repetitis convertit se in terram fixam; uti experiendo comperit D. *Boylius*. Jamque terra illa, idonei caloris patiens facta, lucem æque, ac alia corpora, calefaciendo emittit.

Ut corpora transmutentur in lumen, & lumen in corpora, valde admodum congruens est naturæ ordini & rationi; quæ in istiusmodi conversionibus quasi delectari videtur. Aqua, quæ est sal admodum fluidus & saporis expers, calore convertitur in vaporem, qui est genus quoddam aeris; frigore autem in glaciem, quæ est lapis durus, pellucidus, fragilis, & ad liquandum aptus: atque hic quidem lapis, revertitur in aquam calore; vapor autem, frigore. Terra, calore fit ignis; & frigore, revertitur in terram. Corpora densa, fermentescendo rarefiunt in varia genera aeris; & aer iste fermentatione, nonnunquam etiam sine fermentatione, revertitur in corpora densa. Argentum vivum speciem habet & formam, interdum metalli fluidi, interdum metalli duri & fragilis; interdum salis pellucidi & rodentis, quem sublimatum appellant; interdum terræ pellucidæ, volatilis, albæ, & sapore carentis, quam mercurium dulcem vocant; interdum terræ rubræ, opacæ & volatilis, quam cinnabarin appellant; interdum præcipitati rubri, vel albi; & interdum salis fluidi: distillando: convertit se in vaporem: agitatum in vacuo, lucet instar ignis: &, post omnes has transmutationes, revertitur iterum in argentum vivum. Ova ex corporibus minoribus, quam ut sensu percipi queant, explicant se paulatim in magnitudinem, & in animalia convertuntur: gyrini, in ranas; vermiculi, in muscas. Aves omnes, bestiæ, pisces, insecta, arbores, & universum herbarum genus, cum singulis suis inter se valde diversis partibus, accrescunt ex aqua & tincturis aquosis & salibus: eademque omnia putrescendo revertuntur in humores aquosos. Porro, aqua in aperto aere aliquot dies exposita, tincturam inducit, quæ (instar tincturæ hordei macerati & incocti,) progrediente tempore, sedimentum habet & spiritum; ante putrescendum autem, alimentum præstat tum animalibus tum plantis. Inter has autem tot tamque varias mirasque transmutationes, quidni & lumen similiter vertat natura in corpora, & corpora in lumen?

QUÆSTIO XXXI.

Annon exiguæ corporum particulæ certas habent virtutes, potentias, sive vires; quibus, per interjectum aliquod intervallum, agant, non modo in radios luminis, ad eos reflectendos, refringendos, & inflectendos; verum etiam mutuo in se ipsæ, ad producenda pleraque phænomena naturæ? Satis enim notum est, corpora in se invicem agere per attractiones gravitatis, virtutisque magneticæ & electricæ. Atque hæc quidem exempla, naturæ ordinem & rationem, quæ sit, ostendunt; ut adeo verisimillimum sit, alias etiam adhuc esse posse vires attrahentes. Etenim natura valde consimilis & consentanea est sibi. Qua causa efficiente hæ attractiones peragantur, in id vero hic non inquiro. Quam ego attractionem appello, fieri sane potest ut ea efficiatur impulsu, vel alio aliquo modo nobis ignoto. Hanc vocem *attractionis* ita hic accipi velim, ut in universum solummodo vim aliquam significare intelligatur, qua corpora ad se mutuo tendant; cuicunque demum causæ attribuenda sit illa vis. Nam ex phænomenis naturæ illud nos prius edoctos oportet, quænam corpora se invicem attrahant, & quænam sint leges & proprietates istius attractionis;

Digitized by Google

quam in id inquirere par sit, quanam efficiente causa peragatur attractio. Attractiones gravitatis, virtutisque magneticæ & electricæ, ad satis magna se extendunt illæ quidem intervalla; adeoque etiam sub vulgi sensum notitiamque ceciderunt: at vero fieri potest, ut sint præterea aliæ quoque aliquæ, quæ tam angustis finibus contineantur, ut usque adhuc omnem observationem fugerint. Et fortasse attractio electrica ad istiusmodi exigua intervalla extendi potest, etiamsi non excitetur frictione.

Nam, quum sal tartari fluit per deliquium, annon hoc efficitur attractione aliqua, quæ est mutua inter particulas salis tartari, & particulas aquæ, quæ vaporum speciem habentes circum in aere volitant? Et cur non sal vulgaris, vel sal nitrum, vel vitriolum, fluit itidem per deliquium; nisi quod istiusmodi attractionis expers sit? Et cur sal ipse tartari, postquam aquam, pro quantitate sui, certa portione ex aere exhauserit, deinceps non amplius imbibit; nisi quod, postquam aqua saturatus sit, vi illa attrahente deinceps careat? Et unde est, nisi ab hac vi attrahente, quod aqua, quæ per se ipsa vel leni admodum tepore distillat, e sale tartari tamen distillando elici non potest nisi magno calore? Et annon ejusmodi quoque vi attrahenti, quæ inter particulas olei vitrioli & particulas aquæ mutua sit, attribuendum est, quod oleum vitrioli aquam satis magna portione ad se ex aere eliciat; cum autem semel saturatum sit, deinceps non amplius imbibat; & in distillando, aquam ægre admodum dimittat? Et quum aqua & oleum vitrioli in unum vas infusa, concalescunt intermiscendo; annon ex calore illo apparet, magnum excitatum esse motum in particulis liquorum? & annon ex motu illo apparet, binorum istorum liquorum particulas inter miscendum magna cum vi coalescere, & consequenter ad se invicem motu cum accelerato irruere? Et quum aqua fortis vel spiritus vitrioli, scobi ferreæ superfusus, magno eam cum calore & ebullitione dissolvit; annon calor & ebullitio ista oritur ex violento partium motu? & annon ex motu isto apparet, acidas liquoris particulas in partes metalli magna cum vi irruere, & violenter se in occultos earum meatus ingerere; donec inter exteriores metalli grumulorum particulas, & massulas ipsas, sese introdantes, & exterioribus illis particulis factæ jam undique circumfluæ, disjungant eas singulatim a massulis suis, efficiantque ut solutæ in aqua innatent? Et quum acidæ liquoris particulæ, quæ per se solæ satis leni calore distillarent, a metalli tamen particulis distillando avelli & separari non possunt, nisi forte ingenti admodum & violento calore; annon hoc illud confirmat, utique esse inter eas istiusmodi attractionem mutuam?

Quum spiritus vitrioli, sali vulgari vel sali nitro affusus, ebullitionem ciet, & coalescit cum sale; &, in distillando, spiritus salis vulgaris vel salis nitri multo facilius, quam antea, ascendit; spiritus vitrioli autem pars acida, infra in vase restat: annon hinc colligi potest, fixum alkali salis, acidum vitrioli spiritum fortius utique, quam suum ipsius spiritum salis, sibi attrahere; &, quoniam utrumque simul detinere non potest, suum ipsius dimittere? Et quum oleum vitrioli e nitro pari pondere distillatur, & ex utrisque elicitur spiritus nitri compositus; isteque spiritus, dupla portione, affusus oleo caryophillorum, vel oleo ex cari seminibus, vel oleo cuivis ponderoso ex plantarum vel animalium partibus, vel oleo resinæ terebinthinæ cum admixto balsamo sulphuris parva portione ad spissamentum, concalescit usque adeo inter commiscendum, ut etiam flammam ex se continuo concipiat: annon permagnus ille & subitaneus calor hoc indicat, utique binos istos liquores maxima cum vi permisceri inter se, eorumque particulas inter miscendum ad se invicem motu cum accelerato irruere, & violentissimo impetu inter se confligere & collidi? Et annon eidem causæ tribuendum est, quod spiritus vini probe rectificatus, & composito illi spiritui jam dicto affusus, flamma subitanea coruscat? & quod pulvis fulminans, quem vocant, ex sulphure, nitro, & sale tartari compositus, ictu magis subito magisque violento, quam etiam pulvis ipse tormentarius, disploditur? acidis nimirum sulphuris nitrique spiritibus ad se invicem & ad salem tartari tanto cum impetu irruentibus, ut concussu & collisu suo pulverem simul omnem vehementi

ebul-

Digitized by Google

ebullitione rarefaciant, & in vaporem atque flammam disjiciant? Utique, ubi corporum inter se permixtorum dissolutio cum lentiori fit motu, ibi ebullitio & ipsa quoque lenta est, & cum leniori calore: ubi dissolutio celerior fit, ibi & ebullitio quoque major est, & cum majori calore: & ubi dissolutio fit tota simul, ibi ebullitio quoque fit quasi in momento temporis per subitam violentamque explosionem, & cum calore nihilo minore quam ignis ipsius & flammæ. Sic quum compositus ille spiritus nitri supra dictus drachmæ unius pondo, in olei ex cari seminibus pondo dimidiam drachmam superinfusus erat in vacuo; flammam continuo concepit mistura illa, cum displosu instar pulveris tormentarii; diffregitque vitrum aere evacuatum, in quo inclusa fuerat; quanquam habebat id quidem in amplitudinem uncias sex, in altitudinem octo. Quinimo sulphur ipsum crassum & impuratum, si in pulverem redigatur, & cum scobe ferrea pari pondere commixtum, adjecto aquæ paululo, in firmitatem farinæ aqua subactæ depsatur; aget in ferrum, & intra quinque aut sex horarum spatium, concalescet ita ut manibus tractari nequeat, & etiam flammam emittet. Atque ex his quidem omnibus experimentis; si eodem tempore consideremus quam multum sit sulphuris intra terram, & quam calidæ sint partes interiores terræ; fontesque fervidos contemplemur, montesque ardentes, mephitesque subter terram subitaneas, & vapores inflammabiles, coruscationes metallicas, terræ motus, exhalationes æstuosas & suffocantes, ventorum turbines, immanesque aquæ marinæ in cœlum usque elatos & contortos vortices; utique intelligere poterimus, omnino ita comparatam esse terram, ut in visceribus ejus abundent vapores sulphurosi, qui cum mineralibus fermentescere debeant, & interdum ignem concipere, cum subita coruscatione & displosu; & si forte in cavernis subterraneis arcte inclusi contineantur, vehementer conquassare terram, & cavernas ejus disrumpere, quemadmodum cuniculi pulvere tormentario repleti terram suffossam mira cum violentia disjiciunt: quod cum accidit, tum vapores explosione ista generatos, per occultos terræ meatus expirare, æstuososque sentiri & suffocantes; procellasque, turbines & tempestates ciere, efficereque nonnunquam ut terræ tractus de locis suis transportentur, ebulliatque mare, & guttatim subvehantur in cœlum aquæ, quæ deinceps acervatim & vorticoso pondere corruant, quasi e nubibus effusæ. Præterea, exhalationes quædam sulphurosæ omni tempore, quando terra sit siccior, in aerem ascendentes, fermentescunt ibi cum acidis nitrosis; & nonnunquam ignem concipientes, fulmina generant, & tonitrua, aliaque meteora ignea. Abundat enim aer vaporibus acidis fermentescendo aptis; uti videre est ex eo, quod ferrum & cuprum rubiginem in aere tam facile contrahant, ignisque accendatur sufflando, cordisque pulsus in animalibus respiratione conservetur. Jam vero hi, quos diximus, motus, tanti sunt tamque violenti, ut ex eis satis appareat, utique in fermentationibus particulas corporum, quæ ferme quieverant, novis motibus cieri a principio aliquo præpotente, quod in eas nonnisi tum agat, quum inter se valde propinquæ sint; efficiatque ut eæ concurrant inter se & collidantur magna vi, motuque illo concalescant, & diffringentes conterentesque se invicem, evanescant in aerem, vaporem, & flammam.

Quum sal tartari per deliquium in solutionem cujusvis metalli infusus, metallum præcipitat, efficitque ut id limi specie in fundo subsidat, annon ex hoc apparet, acidas liquoris particulas fortius utique sale tartari, quam a metallo, attrahi; adeoque fortiori illa attractione, ad salem tartari e metallo transduci? Similiter quum solutio ferri in aqua forti, dissolvit cadmiam injectam, suumque ferrum dimittit; vel quum solutio cupri, dissolvit ferrum sibi immissum, dimittitque cuprum; vel quum solutio argenti, dissolvit cuprum, argentumque suum dimittit; vel quum solutio argenti vivi in aqua forti, superfusa ferro, cupro, stanno vel plumbo, dissolvit id metallum & argentum vivum dimittit: annon hoc indicat, acidas aquæ fortis particulas fortius utique ad cadmiam attrahi, quam ad ferrum? fortiusque ad ferrum, quam ad cuprum? & ad cuprum, quam ad argentum? itemque fortius ad ferrum, cuprum, stannum vel plumbum, quam ad argentum vivum? Et annon

Digitized by Google

eidem causæ tribuendum est, quod ad ferrum dissolvendum saturandumque, plus aquæ fortis opus sit, quam ad cuprum; & ad cuprum plus opus sit, quam ad reliqua metalla: itemque quod ferrum metallorum omnium facillime dissolvatur, rubiginemque facillime contrahat; deinceps autem, cuprum?

Quum oleum vitrioli commixtum est cum aquæ paululo, vel fluxit per deliquium; & inter distillandum aqua illa ægre ascendit, subvehitque secum partem aliquam olei vitrioli, specie ac forma spiritus vitrioli; isteque spiritus, ferro, cupro, vel sali tartari affusus, coalescit cum illo, & dimittit aquam: annon hoc ostendit, spiritum illum acidum attrahi quidem ab aqua, fortius autem attrahi a corpore fixo quam ab aqua; ideoque dimittere aquam, ut cum corpore fixo coalescat? Et annon eidem causæ tribuendum est, quod aqua & spiritus acidi qui insunt in aceto, aqua forti, & spiritu salis, cohærent & in distillando simul ascendunt: sin autem id menstruum, sali tartari, vel plumbo, vel ferro, vel cuivis corpori fixo, quod id dissolvere queat, superfusum sit; tum spiritus illi acidi fortiore attractione adhærent corpori fixo, & dimittunt aquam? Et annon mutuæ itidem attractioni tribuendum est, quod spiritus fuliginis & salis marini coalescant, & constituant particulas salis ammoniaci; quæ minus, quam antea, volatiles sunt, quippe crassiores & minus aquæ sibi admixtum habentes? item quod particulæ salis ammoniaci, inter sublimandum, subvehant secum particulas stibii, quæ per se solæ sublimari nolunt? & quod particulæ argenti vivi, coalescentes cum particulis acidis spiritus salis, constituant mercurium sublimatum; cum particulis autem sulphuris, cinnabarin? & quod particulæ spiritus vini & spiritus urinæ probe rectificatorum, coalescant; &, dimittentes aquam quæ eas dissolverat, in corpus firmum durescant? & quod inter sublimandum cinnabarin e sale tartari vel calce viva; sulphur, fortiori attractione salis vel calcis, dimittat argentum vivum, ipsumque una cum corpore fixo in vase restet? & quod, cum mercurius sublimatus sublimetur e stibio, vel e regulo stibii: spiritus salis dimittat argentum vivum; & coalescat cum metallo illo stibii, quod quidem cum fortius attrahit; & restet cum illo, usque dum calor tantus sit, ut is utrumque simul sursum impellere possit; tumque spiritus iste salis subvehat secum illud metallum, specie & forma salis valde fusilis, quem butyrum stibii appellant; idque licet spiritus salis per se solus non multo minus volatilis sit quam aqua, & stibium per se solum non minus fixum quam plumbum?

Quum aqua fortis dissolvit argentum, non autem aurum; & aqua regia dissolvit aurum, non autem argentum: annon recte dici potest, aquam fortem satis quidem subtilem esse ad penetrandum aurum æque ac argentum; carere autem vi illa attrahente, qua se inferre & introdare possit? & aquam regiam satis quidem subtilem esse, ad penetrandum argentum æque ac aurum: carere autem vi illa attrahente, qua se introdare possit? Nam aqua regia nihil est aliud, nisi aqua fortis cum admixto spiritu salis vel sale ammoniaco: atque etiam sal ipse vulgaris in aqua forti dissolutus, efficit ut illa aurum deinceps dissolvere possit; quamvis sal quidem iste, sit corpus crassum. Cum igitur spiritus salis præcipitat argentum de aqua forti; annon hoc inde fit, quod is attrahat aquam fortem, seque ei admisceat; non autem attrahat argentum, fortasse etiam id a se repellat? Cumque aqua præcipitat stibium de sublimato stibii & salis ammoniaci, vel de butyro stibii; annon hoc inde fit, quod ea salem ammoniacum vel spiritum salis dissolvat, illique se admisceat, & vim illius imminuat; non autem attrahat sibi stibium, fortasse etiam id a se repellat? Et annon ex eo, quod nulla sit attractio mutua inter particulas aquæ & olei, argenti vivi & stibii, plumbi & ferri; fit, ut corpora ista inter se non permisceantur? attractione autem debili, ut argentum vivum & cuprum ægre quidem commisceantur? & attractione forti, ut argentum vivum & stannum, stibium & ferrum, aqua & sales, facile permisceantur inter se? Et in universum, annon eidem isti principio tribuendum est, quod calor congreget corpora quæ sint ejusdem generis, separet autem ea quæ sint generum diversorum?

Quando arsenicum cum sapone regulum producit, cum mercurio sublimato autem

Digitized by Google

tem salem volatilem, fusilem, & butyro stibii similem; annon hoc ostendit, arsenicum, quod est corpus ex toto volatile, compositum esse ex partibus fixis & volatilibus arcte inter se mutua attractione cohærentibus, ita ut partes volatiles ascendere nequeant, quin eodem tempore fixas quoque secum subvehant? Similiter, quum spiritus vini & oleum vitrioli pari pondere simul digesta sunt; &, distillando, duos reddunt spiritus volatiles & fragrantes, qui quidem inter se permisceri nolunt; restat autem infra in vase, terra fixa &, nigra: annon hoc indicat oleum vitrioli compositum esse ex partibus volatilibus & fixis, arcte inter se mutua attractione cohærentibus, ita ut ambæ simul ascendant, formam habentes salis volatilis, acidi, & fluidi; donec spiritus vini interveniens, attrahat sibi & separet partes volatiles a fixis? Proinde, quandoquidem & oleum sulphuris per campanam ejusdem est naturæ ac oleum vitrioli; annon recte inferri potest, utique & sulphur itidem compositum esse ex partibus volatilibus & fixis, arcte inter se mutua attractione cohærentibus, ita ut ambæ simul inter sublimandum ascendant? Nam & dissolvendo flores sulphuris in oleo resinæ terebinthinæ, deinde solutionem istam distillando, compertum est sulphur constare ex oleo crasso & inflammabili, sive bitumine pingui, sale acido, terra valde fixa, & metalli paululo: quorum quidem corporum priora tria, æqua fere portione inveniebantur; quartum autem tam parva admodum portione, ut observatu dignum vix esset. Sal ille acidus, in aqua dissolutus, idem est ac oleum sulphuris per campanam; permultusque cum sit in visceribus terræ, maximeque in marchasitis, coalescit inde cum cæteris corporibus ex quibus constant marchasitæ, cum bitumine scilicet, ferro, cupro & terra; cumque illis conflat alumen, vitriolum & sulphur: cum terra sola nimirum, alumen; cum metallo solo, vel metallo & terra, vitriolum; & cum bitumine & terra, sulphur: ex quo fit, ut marchasitæ tribus illis mineralibus abundent. Et annon mutuæ attractioni attribuendum est, quod materiæ diversæ, ex quibus hæc constant mineralia, coeant & cohæreant ad ea conflanda? & quod bitumen subvehat secum reliquam sulphuris materiam, quæ sine illo sublimari non posset? Idemque de omnibus, vel fere omnibus, quotquot usquam sunt corpora crassa, quæri potest. Nam & animalium & plantarum partes omnes compositæ sunt ex materiis volatilibus & fixis, fluidis & solidis; uti ex eorum analysi quidem apparet; itemque sales & mineralia; quantum chymici quidem compositionem eorum usque adhuc pervestigare potuerint.

Quum mercurius sublimatus sublimatur denuo cum argento vivo, fitque mercurius dulcis; qui est terra alba, saporis expers, & in aqua haud dissolubilis: cumque mercurius dulcis, sublimatus iterum cum spiritu salis, revertitur in mercurium sublimatum: & quum metalla paululo acidi corrosa, convertuntur in rubiginem; quæ est terra saporis expers, & in aqua non dissolubilis; terraque ista plusculo acidi macerata fit sal metallicus: cumque lapides quidam, ut fluor plumbi, idoneo menstruo dissoluti, sales fiunt: annon hæc omnia ostendunt, sales constare ex terra sicca & acido aquoso attractione conjunctis? terramque non posse salem fieri, nisi accedat tantum acidi quantum ad id sufficiat, ut illa dissolvi deinceps possit in aqua?

Annon acidorum sapor ille acerbus & pungens, oritur ex forti attractione, qua particulæ acidæ irruant in particulas linguæ, easque agitent? Et quum metalla, in menstruis acidis dissoluta sunt; acidaque cum metallo conjuncta, alia jam ratione agunt; adeo ut permixtio illa saporem jam alium habeat multo quam antea mitiorem, nonnunquam etiam dulcem: annon hoc inde fit, quod corpuscula acida particulis metallicis adhærescentia, multum eo pacto de vi sua actuosa imminuant? Et, si acidum minore portione adsit, quam ut compositum efficiat in aqua dissolubile; annon acidum illud, ad metallum arcte adhærescendo, vim suam actuosam saporemque omnem amittet? fietque corpus ex utrisque compositum, terra saporis expers? Quæ enim corpora humore linguæ non dissolvuntur; ea sensum gustus non afficiunt.

Quemadmodum gravitas efficit: ut mare densiorem & ponderosiorem terræ globum

bum circumfluat; ita attractione effici potest ut acidum aquosum densiores & compactiores particulas terrestres circumfluat, ad componendas particulas salis. Neque enim alioqui fieri posset, ut acidum loco medii foret inter terram & aquam vulgarem, ad efficiendum ut sales dissolvantur in aqua: neque futurum esset, ut sal tartari tam facile extraheret acidum e metallis dissolutis; aut metalla, acidum ex argento vivo. Utique, quomodo in ingenti illo terrarum marisque globo, densissima quæque corpora gravitate sua subsidunt in aqua, semperque conantur ad centrum globi accedere; eodem modo in particulis salis, materia densissima semper conabitur ad particulæ centrum accedere: adeo ut particula salis, comparari queat quadantenus ad Chaos; densa videlicet, dura, sicca & terrestris a centro; rara autem, mollis, humida & aquosa a superficie. Atque huic quidem causæ tribuendum videtur, quod sales natura sunt adeo durabili. Nempe destrui vix possunt, nisi ita si aquosæ ipsorum partes vel vi abstrahantur; vel leni calore, inter putrescendum, in occultos meatus terræ illius, quæ est ad centra particularum, insidere permittantur, usque dum partes terrestres dissolvantur tandem aqua, & separentur in minores particulas, quæ, qua sint exiguitate, efficere queant ut totum putrefactum nigro videatur colore. Porro, hinc quoque fieri potest, ut partes animalium & plantarum suas singularum formas conservent, & nutrimentum in suam cujusque ipsarum similitudinem convertant; molli nimirum & humido nutrimento facile immutante texturam suam per lenem calorem & motum, donec simile tandem factum sit densæ illi, duræ, siccæ & durabili terræ, quæ est in centro uniuscujusque particulæ. Quum vero nutrimentum ineptum fit ad assimilandum; vel terra illa, quæ est in centris particularum, debilior facta est, quam ut id in similitudinem sui convertere possit: tum motus ille omnis desinit in confusionem, putredinem & mortem.

Si sal quivis vel vitriolum parva admodum portione dissolvatur in permulta aqua; particulæ salis vel vitrioli non utique ad imum sident, licet specifice graviores sint quam aqua, sed diffundent se æquabiliter per totam aquam; ita ut illa æque salsa futura sit a summo, ac ab imo. Annon hoc indicat, partes salis vel vitrioli a se mutuo recedere, & sese expandere conari quaquaversus, tamque longe a se invicem sejungi, quam patitur aquæ, in qua innatant, spatium? & annon conatus iste ostendit, utique habere eas vim quandam repellendi, qua a se invicem diffugiunt? aut saltem fortius eas aquam attrahere, quam semet ipsas mutuo? Etenim, quemadmodum corpora illa omnia in aqua ascendunt, quæ telluris gravitate minus sunt attracta, quam est aqua ipsa: ita omnes salis particulæ, quæ in aqua innatant, minusque ab una qualibet salis particula sunt attractæ, quam est aqua ipsa; recedant necesse est a particula illa, & aquæ fortius attractæ locum dent.

Quum liquor sale quovis imbutus, evaporatus est, quod ajunt, ad cuticulam; & deinde refrixit: sal continuo concrescit in figuras aliquas regulares. Ex quo apparet, salis particulas, antequam concrescerent, jam in liquore illo æquis interjectis intervallis, certisque ordinibus dispositas innatasse; & consequenter eas in se invicem egisse vi aliqua, quæ æqualis sit in intervallis æqualibus, in inæqualibus inæqualis. Nam tali quidem vi, illæ se in consimiles ordines usquequaque disponent, sine ea autem, circumnatabunt dispersim quaquaversus; itemque sine ullo ordine, ut forte ceciderit, concurrent. Et quoniam particulæ crystalli Islandicæ agunt omnes consimili ratione in radios luminis, ad refractionem illam inusitatam efficiendam; annon credibile est particulas illas, in frustis ejus crystalli formandis, non modo certis se ordinibus ita disposuisse, ut, extremitatibus suis eodem cunctis spectantibus, in figuras regulares concrescerent; verum etiam ita insuper, ut & latera quoque sua quoad vires attrahentes homogenea, quasi polari quadam virtute eodem omnes converterint?

Corporum omnium durorum homogeneorum particulæ, quæ se inter se plane contingunt, magna vi inter se cohærent. Quod qui fieri possit, ut explicarent philosophi, commenti sunt alii atomos hamatas; quod est utique id ipsum pro responso afferre, quod erat quæsitum. Alii finxerunt corporum particulas inter se conglutinatas

tas

Digitized by Google

tas esse quiete; hoc est, qualitate occulta, aut potius plane nihilo. Alii eas cohærere motibus conspirantibus, hoc est, quiete relativa inter se. Ego sane ex cohærentia corporum, illud malim inferre, utique particulas ipsorum attrahere se invicem vi aliqua, quæ in ipso contactu perquam sit magna; parvis interjectis intervallis, chymicos illos effectus supra memoratos obtineat; ad spatia autem a particulis aliquanto remotiora (quod quidem sensu percipi possit) non omnino pertineat.

Corpora omnia, composita esse videntur ex particulis duris. Alioqui enim fluida non congelarent; quod quidem faciunt aqua, oleum, acetum, & spiritus sive oleum vitrioli, frigore; argentum vivum, fumis plumbi; spiritus nitri & argentum vivum, dissolvendo argentum vivum, & evaporando phlegma; spiritus vini & spiritus urinæ, phlegma eorum auferendo eosque inter se permiscendo; & spiritus urinæ & spiritus salis, eos simul sublimando, ad conficiendum salem ammoniacum. Quin & ipsi etiam radii luminis, corpora dura esse videntur; neque enim alioqui possent in diversis suis lateribus diversas retinere proprietates. Quare duritia, universæ materiæ simplicis proprietas haberi potest. Saltem hoc nihilo minus evidens est, quam impenetrabilitatem ipsam materiæ esse universæ proprietatem. Nam omnia corpora, quæ quidem nos experientia norimus, vel sunt dura, vel durescere possunt: neque vero alia ulla certa ratione novimus corpora universa impenetrabilia esse, nisi quod experientia amplissima nos id docuerit, sine ulla unquam oblata exceptione. Jam si corpora quidem composita tam sunt dura, quam experientia comperimus eorum nonnulla esse; & occultorum tamen meatuum permultum in se habent, constantque ex particulis adpositis solummodo inter se; utique simplices ipsæ particulæ, quæ occultos meatus in se nullos habent, neque unquam in partes divisæ fuerunt, longe adhuc duriores sint necesse est. Etenim istiusmodi duræ particulæ, in unum congestæ, fieri vix potest ut se inter se contingant, nisi in perpaucis punctis; ideoque omnino multo minore vi ad eas disjungendas opus erit, quam ad confringendum particulam solidam, cujus utique partes omnes se inter se contingunt in totis superficiebus suis, sine ullis meatibus aut intervallis interjectis; quæ earum cohærentiam minus firmam reddere possint. Qui autem istiusmodi prædurae particulæ, adpositæ solummodo inter se, seque invicem in perpaucis tantum punctis contingentes, cohærescere queant; idque tanta vi, quanta experientia novimus; utique, nisi causa sit aliqua quæ efficiat ut eæ ad se invicem attrahantur vel apprimantur, concipi vix potest.

Porro, rem eandem inde quoque infero, quod bina marmora perpolita cohæreant etiam in vacuo; & quod argentum vivum in barometro subsistat ad altitudinem 50, 60, vel 70 unciarum, vel etiam amplius eo; ita scilicet, si prius ab aere omni probe depurgatum fuerit, & in tubum cauta manu infusum, ut adeo partes ejus sint usquequaque contiguæ & sibi invicem & vitro. Atmosphæra pondere suo argentum vivum sursum in tubum premit, ad usque altitudinem 29 aut 30 unciarum: alia autem aliqua causa efficiens, id deinceps amplius sustollit; non id in tubum sursum premendo, sed efficiendo ut partes ejus & vitro & sibi invicem adhærescant. Etenim si quo pacto partes ejus, vel interjectis bullulis, vel succutiendo vitrum, disjungantur; corruit continuo argentum vivum omne usque eo, donec haud amplius 29 aut 30 uncias in altitudinem habeat.

Atque his quidem congrua sunt, quæ sequuntur itidem experimenta. Si duæ planæ & politæ laminæ vitreæ (puta bina speculi politi fragmenta) ita componantur, ut earum facies sint inter se parallelæ, & parvo admodum interjecto intervallo disjunctæ; inferiora autem ipsarum extrema in aquam intingantur; aqua inter eas continuo ascendet. Quantoque minori intervallo interjunctæ sint vitrorum facies, tanto majorem in altitudinem se interserens sustolletur aqua. Si lamellæ vitreæ inter se distent circiter $\frac{1}{100}$ parte unciæ, aqua inter eas circiter unciam unam ascendet: & qua ratione id intervallum majus fuerit, vel minus; eadem ratione reciproca quam proxime, aquæ ascendentis altitudo major erit vel minor. Etenim vitrorum vis attrahens eadem est, sive majori sive minori intervallo inter se distent: pon-

Digitized by Google

pondusque aquæ sursum attractæ idem est, quando ejus altitudo sit intervallo vitrorum reciproce proportionalis. Similiter, inter bina marmora plana & polita ascendit aqua, quando eorum latera polita sint inter se parallela, & exiguo admodum interjecto intervallo disjuncta. Quod si tubuli vitrei tenues, in aquam stagnantem ab inferiore sui parte intingantur; aqua intra tubulum ascendet; idque ea ratione, ut ejus altitudo reciproce proportionalis sit tubi cavitatis diametro, & par altitudini aquæ inter binas laminas vitreas ascendentis, siquidem tubi cavitas semidiametro par sit aut fere par laminarum istarum intervallo. Atque horum quidem omnium experimentorum (coram Societate regia captorum,) sive in vacuo, sive in aperto aere, unus fuit exitus. Quare ex atmosphæræ pondere aut pressu, nullo modo pendent.

Porro, si amplus tubus vitreus cineribus ad subtilitatem cribro succretis & in tubum arcte compressis compleatur, tubique altera extremitas in aquam stagnantem intingatur, aqua in cinerem lente subrepet; adeo ut septem aut quatuordecim dierum spatio ad usque altitudinem 30 aut 40 unciarum in tubo supra aquam stagnantem conscenderit. In tantam autem altitudinem attollitur aqua, actione earum solummodo particularum cineris, quæ sunt in ipsa aquæ ascendentis superficie: quæ enim intra aquam sunt cineris particulæ, eæ aquam tam deorsum quam sursum attrahunt aut repellunt. Quare cineris particularum actio valde fortis est. Veruntamen quoniam cineris particulæ non sunt tam densæ tamque compactæ, ac vitri; ideo earum actio minus fortis est, quam vitri. Etenim vitro argentum vivum ad usque altitudinem 60 aut 70 unciarum suspensum tenetur: ideoque vitrum ea vi agit, quæ aquam altitudine amplius 60 pedum suspensam tenere deberet.

Pari de causa, spongia aquam suctu attrahit; & in animalium corporibus glandes, pro sua cujusque natura ac constitutione, succos diversos sibi e sanguine attrahunt.

Si duæ planæ & politæ vitri laminæ, uncias ternas aut quaternas latæ, & vicenas aut vicenas quinas longæ, ita disponantur, ut earum altera horizonti parallela jaceat, altera autem ei ita superponatur, ut earum extremitates alteræ se inter se contingant, angulumque circiter 10 aut 15 minutorum contineant; harum autem laminarum facies interiores, linteo mundo in mali aurei oleum vel spiritum terebinthinum intincto prius madefiant; & deinde olei istius sive spiritus gutta una vel altera in vitri inferioris extremum id, quod a dicto angulo maxime distet, demittatur: utique, simul primum ac vitri lamina superior inferiori ita superposita sit, ut eam (quomodo supra dictum est) altera sui extremitate contingat, altera autem guttam; continens nimirum cum inferiori vitro angulum circiter 10 aut 15 minutorum; gutta continuo eam se in partem, qua parte binæ laminæ contingunt inter se, movere incipiet; motuque ferri perget perpetim accelerato, usque dum ad ipsum vitrorum concursum perveniat. Etenim bina vitra guttam attrahunt: efficiuntque ut ea illo moveatur, quo attractiones vergunt. Quod si, dum gutta prorepit, vitrorum interea extremitas illa, qua contingunt inter se, & quo versum gutta fertur, elevetur; jam inter vitra sursum versus adrepet gutta, ac proinde movetur attractione. Et pro eo ac vitrorum extremum illud, quo inter se contingunt, magis magisque elevetur; gutta tardius usque, & adhuc tardius ascendet; & tandem plane quiescet; deorsum nimirum pondere suo delata tantum, quantum attractione sursum versus. Atque hoc pacto intelligi potest, qua demum vi attrahatur gutta, in omnibus a concursu vitrorum intervallis.

Captis autem ab *Hawksbeio* nostrate quibusdam hujusmodi experimentis, compertum est attractionem esse propemodum reciproce in duplicata ratione intervalli mediæ guttæ a vitrorum concursu: scilicet, reciproce in simplici ratione, propterea, quod gutta compressior diffundatur, & vitrorum utrumque ampliori superficie contingat; rursum autem reciproce in simplici ratione, propterea quod attractiones jam in æquali superficie attrahente fortiores evadant. Ea igitur attractio, quæ fit in æquali superficie attrahente, est reciproce ut intervallum vitrorum inter se. Ideo-

que

que ubi hoc intervallum valde est exiguum, attractio debebit admodum esse fortis. Ex tabula in secunda parte libri secundi, ubi crassitudines coloratarum aquæ lamellarum inter bina vitra conclusarum sunt descriptæ; crassitudo lamellæ, qua parte nigerrima videtur, est $\frac{\frac{3}{8}}{1000000}$ unius unciæ. Qua parte autem oleum mali aurei inter dictas laminas vitreas hac est crassitudine; attractio, ex præcedenti regula existimata, tanta esse videtur, ut intra circulum diametro uncialem, valeat ad sustinendum pondus tantum, quantum est cylindri aquæ diametro uncialis, in longitudinem autem duo triave stadia habentis. Atque ubi oleum attrahendum, adhuc minori sit crassitudine; poterit attractio, servata proportione, adhuc major esse, & perpetim usque augescere, donec crassitudo tandem non sit amplius unius particulæ olei. Sunt ergo in rerum natura causæ efficientes, quarum vi particulæ corporum cohærescant attractionibus admodum fortibus: istæque causæ quænam sint, philosophiæ officium est in experimentis versando invenire.

Jam quidem fieri potest, ut materiæ particulæ exiguissimæ, attractionibus fortissimis inter se cohæreant, constituantque particulas majusculas, quarum vis illa attrahens debilior sit; harumque particularum majuscularum permultæ, inter se itidem cohærentes, particulas majores constituant, quarum vis attrahens adhuc sit debilior; & sic deinceps continuata serie, donec ad maximas tandem deventum sit particularum illarum, e quibus operationes chymicæ & colores corporum naturalium pendent; quæque inter se cohærentes, corpora demum constituant magnitudine sub sensum cadente. Quorum denique corporum si quod sit compactum, flectatque se; &, cum prematur, intro cedat, sine ullo partium suarum sublapsu; jam id corpus durum est & elasticum, revertens ad figuram suam vi ea, quæ ex mutua partium suarum attractione oritur. Si partes ejus, inter se sublabuntur; jam corpus id molle est, & mallei ictibus cedens. Si partes facillime labantur, & magnitudine sint ea, qua calore facile agitari queant; calorque satis magnus, ad eas agitandas; (licet multo fortasse minor, quam ad id opus est, ne aqua congeletur;) jam corpus illud fluidum est: &, si adhærescendo aptum sit, appellatur humidum. Guttæ autem corporis cujusque fluidi, ut figuram globosam induere conentur, facit mutua partium suarum attractio; eodem modo, quo terræ mariaque in rotunditatem undique conglobantur, partium suarum attractione mutua, quæ est gravitas.

Quandoquidem metalla in acidis dissoluta, parvam solummodo acidi portionem ad se trahunt; liquet vim eorum attrahentem, non nisi ad parva circum intervalla pertingere. Et sicuti in Algebra, ubi quantitates affirmativæ evanescunt & desinunt, ibi negativæ incipiunt; ita in mechanicis, ubi attractio desinit, ibi vis repellens succedere debet. Talis autem vis aliqua ut sit, consequi videtur ex reflexionibus & inflexionibus radiorum lucis: nam in utroque horum casuum, repelluntur radii a corporibus, sine immediato contactu corporis reflectentis vel inflectentis. Videtur etiam consequi ex emissione luminis: nam radius, simul ac e lucente corpore per vibrantem partium ipsius motum excussus sit, & e sphæra attractionis ejus evaserit; ingenti admodum velocitate propellitur. Etenim eadem vis, quæ in reflexione ad radium repellendum valet, possit etiam ad eundum emittendum valere. Porro, videtur etiam consequi ex productione aeris & vaporum: nam particulæ e corporibus excussæ per calorem vel fermentationem, simul ac e sphera attractionis corporis sui evaserint, recedunt deinceps & ab illo & a se invicem magna cum vi; rursumque accedere fugiunt: ita ut nonnunquam amplius decies centies millies tantum spatii occupare comperiantur, quam quantum cum corporis densi formam haberent: quæ tam ingens contractio & expansio, animo sane concipi vix potest, si particulæ aeris fingantur elasticæ & ramosæ, vel viminum lentorum intra se in circulos intortorum instar esse, vel ulla alia ratione, nisi ita si vim repellentem habent, qua a se mutuo fugiant. Corporum fluidorum particulæ, quæ quidem non nimis firme inter se cohæreant; eaque sint parvitate, qua facillime agitationes illas suscipiant,

in quibus liquorum fluiditas consistit; facillime separantur & in vapores rarefiunt, sive, ut loquuntur chymici, volatiles sunt; leni videlicet calore rarescentes, & levi itidem frigore condensatæ. At illæ, quæ sint crassiores, adeoque difficilius agitentur, vel fortiori inter se attractione cohæreant: non nisi fortiori calore separari possunt, fortasse etiam non nisi accedente fermentatione. Atque hæc quidem sunt corpora illa, quæ chymici fixa appellant; quæque fermentatione rarefacta, verus fiunt & permanent aer: iis nimirum particulis a se invicem maxima cum vi recedentibus, & difficillime in unum coactis; quæ eædem, cum inter se contingant, cohærent arctissime. Et quoniam particulæ veri & durabilis aeris, crassiores sunt & e corporibus densioribus exoriuntur, quam particulæ vaporum; hinc fieri possit ut verus aer sit ponderosior vaporibus, & humida atmosphæra levior quam sicca, siquidem quantitate sint pares. Porro, eidem vi repellenti tribuendum videtur, quod muscæ in aqua inambulent, nec tamen pedes suos madefaciant, & vitra objectiva longorum telescopiorum, alterum alteri impositum, inter se tamen non facile contingant; & pulveres sicci ægre fieri queat ut se inter se contingant & cohæreant, nisi ita si vel igne liquefiant, vel madefiant aqua, quæ utique exhalando possit particulas ipsorum in unum cogere; & bina denique marmora perpolita, quæ quoties plane inter se contingunt, cohærent, ægre tamen tam arcte comprimi tamque apte conjungi queant, ut cohærescant.

Atque hæc quidem omnia si ita sint, jam natura universa valde erit simplex & consimilis sui: perficiens nimirum magnos omnes corporum cœlestium motus, attractione gravitatis, quæ est mutua inter corpora illa omnia; & minores fere omnes particularum suarum motus, alia aliqua vi attrahente & repellente, quæ est inter particulas illas mutua. *Vis inertiæ* est principium passivum, quo corpora in motu suo vel quiete perstant, recipiunt motum vi moventi semper proportione respondentem, & resistunt tantum quantum sibi resistitur. Ab hoc solo principio nullus unquam in rerum universitate oriri potuisset motus. Alio aliquo principio omnino opus erat ad movenda corpora; & jam, cum moventur, alio itidem principio opus est, ad motum ipsorum conservandum. Nam ex variis binorum motuum compositionibus manifestum est non semper eandem esse in mundo quantitatem motus. Etenim si duo globi, virgula tenui conjuncti, motu uniformi circa commune suum gravitatis centrum revolvant, interea dum centrum illud motu uniformi feratur in linea recta, ducta in plano motus ipsorum circularis; utique summa motuum binorum illorum globorum, quoties illi erunt in linea recta a communi suo gravitatis centro descripta, major erit quam summa motuum ipsorum tum, cum erunt illi in linea quæ sit ad lineam illam rectam perpendicularis. Quo quidem exemplo apparet, motum & nasci posse & perire. Verum, per tenacitatem corporum fluidorum, partiumque suarum attritum, visque elasticæ in corporibus solidis imbecillitatem; multo magis in eam semper partem vergit natura rerum, ut pereat motus, quam ut nascatur. Et quidem is perpetuo imminuitur. Nam corpora quæ vel tam perfecte dura sint, vel tam plane mollia, ut vim elasticam nullam habeant; non utique a se invicem repercutientur. Impenetrabilitas illud duntaxat efficiet, ut eorum motus sistatur. Si duo istiusmodi corpora inter se æqualia, motibus æqualibus & adversis recta in spatio vacuo concurrant; utique per leges motus uno ipso in loco, ubi concurrunt, sistentur; motumque suum omnem amittent; & quiescent usque, nisi vi elastica prædita sint, motumque novum inde accipiant. Si vis elasticæ tantum habeant, quantum ad id satis sit, ut repercutiantur cum $\frac{1}{4}$ vel $\frac{1}{2}$ vel $\frac{3}{4}$ vis illius, qua concurrebant; amittent proinde $\frac{3}{4}$ vel $\frac{1}{2}$ vel $\frac{1}{4}$ motus sui, comparate. Atque hoc quidem experiundo comprobari poterit, si duo pendula æqualia ex æqualibus altitudinibus ita sint dimissa, ut in se invicem recta incurrant. Si enim pendula sint ex plumbo, vel argilla molli; jam motum suum omnem, vel fere omnem, amittent: sin ex materia aliqua elastica sint; jam motus tantum duntaxat retinebunt, quantum a vi illla elastica denuo acceperint. Quod si quis contendat ea de

mo-

Digitized by Google

motu suo nihil amplius amittere posse, quam quod in alia corpora transferatur; jam consequens erit, ea in vacuo nihil omnino de motu suo amittere posse; sed, quum concurrant, usque pergere debere, suasque invicem penetrare dimensiones. Si tria vasa rotunda & æqualia impleta sint, alterum quidem aqua, alterum oleo, tertium autem pice liquefacta; hique omnes liquores consimili ratione agitati sint, ut motu vorticoso cieantur; utique pix, propter tenacitatem suam, motum suum omnem perbrevi amittet; oleum, quippe minus tenax, motum suum diutius conservabit; aqua autem, cum sit minime omnium tenax, motum suum omnium diutissime conservabit; veruntamen & ipsa suum brevi tempore amittet. Ex quo facile intelligi potest, si plures Vortices ex liquefacta pice inter se essent contigui; tantaque hi amplitudine, quanta illi quos circa Solem & stellas fixas volvi opinantur nonnulli; fore tamen, ut & ipsi & partes suæ omnes, propter tenacitatem suam & lentorem, motum suum cito secum invicem communicarent, donec inter se omnes plane quiescerent. Vortices ex oleo, vel aqua, vel alia aliqua materia adhuc magis fluida, possent quidem diutius motum suum retinere; verum, nisi materia illa plane omnis tenacitatis expers esset, interque partes ejus neque attritus esset ullus, neque communicatio motus, (quod fingi sane non potest;) omnino futurum esset, ut motus perpetuo decresceret. Quoniam igitur varii illi motus, qui in mundo conspiciuntur, perpetuo decrescunt universi; necesse est prorsus, quo ii conservari & crescere possint, ut ad actuosa aliqua principia recurramus: qualia utique sunt gravitatis causa, qua planetæ & cometæ motus suos in perpetuis orbibus conservant, corporaque omnia motum magnum sibi acquirunt cadendo; & fermentationis causa, qua cor & sanguis animalium motu & calore perpetuo confoventur, partes interiores terræ perpetuo tepefiunt & nonnullis in locis valde incalescunt, corpora permulta ardent & lucent, montes ignem concipiunt, cavernæ telluris ictibus subitis disjiciuntur, & Sol ipse perpetuum vehementer candet & lucet & luce sua omnia calefacit ac fovet. Nam paullum admodum motus in mundo invenimus, præterquam quod ex his principiis actuosis manifesto oritur. Atque absque his quidem principiis; corpora telluris, planetarum, cometarum, Solis, quæque in eis insunt omnia, frigescerent & congelarentur, massæque in totum inertes evaderent; omnisque putrefactio, generatio, vegetatio & vita penitus cessarent; neque in orbibus suis permanerent planetæ & cometæ.

Quibus quidem rebus omnibus bene perspectis & consideratis, illud mihi videtur denique simillimum veri; utique Deum optimum maximum, in principio rerum, materiam ita formasse, ut primigeniæ ejus particulæ, e quibus deinceps oritura esset corporea omnis natura, solidæ essent, firmæ, duræ, impenetrabiles, & mobiles; iis magnitudinibus & figuris, iisque insuper proprietatibus; eoque numero & quantitate pro ratione spatii in quo futurum erat ut moverentur; quo possent ad eos fines, ad quos formatæ fuerant, optime deduci. Quæ porro particulæ primigeniæ, quippe plane solidæ, longeque duriores sint, quam ulla corpora ex iisdem deinceps cum occultis interjectis meatibus composita; imo tam perfecte duræ, ut nec deteri possint unquam, nec comminui; ne adeo ulla in consueto naturæ cursu vis sit, quæ id in plures partes dividere queat, quod Deus ipse in prima rerum fabricatione unum fecerit. Tamdiu dum particulæ illæ integræ permanent, poterunt sane per omnia secula ex iis composita esse corpora ejusdem semper naturæ & texturæ: verum si illæ deteri aut comminui possent; jam futurum sane esset, ut rerum natura, quæ ex iis pendet, immutaretur. Aqua & terra, ex particulis imminutis & detritis, particularumque fragminibus compositæ, non utique eandem hodie naturam texturamque haberent, ac aqua & terra in principio ex particulis integris compositæ. Quare, ut rerum natura possit durare, existimandum est corporum omnium mutationes, in variis solummodo separationibus, novisque conjunctionibus & motibus durabilium illarum particularum consistere. Nam corpora composita disrumpuntur, non particularum ipsarum solidarum fractura, sed separatione earum, qua parte ex commissuris inter se junctæ

 erant,

Digitized by Google

erant, & paucis tantum in punctis se inter se contingebant.

Porro, videntur mihi hæ particulæ primigeniæ, non modo in se vim inertiæ habere, motusque leges passivas illas, quæ ex vi ista necessario oriuntur; verum etiam motum perpetuo accipere a certis principiis actuosis; qualia nimirum sunt gravitas, & causa fermentationis & cohærentiæ corporum. Atque hæc quidem principia considero, non ut occultas qualitates, quæ ex specificis rerum formis oriri fingantur; sed ut universales naturæ leges, quibus res ipsæ sunt formatæ. Quippe principia quidem talia revera existere, ostendunt phænomena naturæ; licet ipsorum causæ, quæ sint, nondum fuerit explicatum. Utique qualitates ipsæ sunt manifestæ, earumque causæ solummodo occultæ. Qualitatum occultarum nomen indiderunt Aristotelici, non qualitatibus manifestis, sed istiusmodi tantum qualitatibus, quas in corporibus latere, quasque esse ipsas manifestorum effectuum causas incognitas existimabant. Cujus generis forent scilicet gravitatis, attractionumque magneticarum & electricarum, fermentationumque causæ; siquidem vires vel actiones hasce ex qualitatibus oriri fingeremus nobis incognitis, quæque natura sua inexcogitabiles & exploratu impossibiles essent. Philosophiæ naturalis progressum impediunt istiusmodi qualitates, ideoque nuperis temporibus rejectæ fuerunt. Affirmare singulas rerum species, specificis præditas esse qualitatibus occultis, per quas eæ vim certam in agendo habeant, certosque effectus manifestos producant; hoc utique est nihil dicere. At ex phænomenis naturæ, duo vel tria derivare generalia motus principia; & deinde explicare quemadmodum proprietates & actiones rerum corporearum omnium ex principiis istis manifestis consequantur; id vero magnus esset factus in philosophia progressus, etiamsi principiorum istorum causæ nondum essent cognitæ. Quare motus principia supra dicta proponere non dubito, cum per naturam universam illa latissime pateant; eorumque causas exquirendas relinquo.

Jam quidem, ope principiorum istorum, res corporeæ universæ videntur compositæ fuisse ex duris solidisque particulis supra dictis, varie inter se in prima rerum fabricatione sociatis & conjunctis, nutu & consilio Agentis intelligentis. Decuit enim eum, qui res omnes creavit, easdem disponere quoque & in ordinem collocare. Quæ si vera rerum origo fuit; jam indignum erit philosopho, alias mundi condendi rationes exquirere, vel comminisci quemadmodum e Chao per meras leges naturæ mundus universus oriri potuerit; quamvis, formatus cum sit, possit is jam per istas leges in multa quidem secula perdurare. Nam dum cometæ moventur in orbibus valde eccentricis, undique & quoquoversum in omnes cœli partes; utique nullo modo fieri potuit, ut cæco fato tribuendum sit, quod planetæ in orbibus concentricis motu consimili ferantur eodem omnes; exceptis nimirum irregularitatibus quibusdam vix notatu dignis, quæ ex mutuis cometarum & planetarum in se invicem actionibus oriri potuerint, quæque verisimile est fore ut longinquitate temporis majores usque evadant, donec hæc naturæ compages manum emendatricem tandem sit desideratura. Tam miram uniformitatem in planetarum systemate, necessario fatendum est intelligentia & consilio fuisse effectam. Idemque dici possit de uniformitate illa, quæ est in corporibus animalium. Habent videlicet animalia pleraque omnia, bina latera, dextrum & sinistrum, forma consimili; & in lateribus illis, a posteriore quidem corporis sui parte, pedes binos; ab anteriori autem parte, binos armos, vel pedes, vel alas, humeris affixas; interque humeros collum, in spinam excurrens, cui affixum est caput; in eoque capite binas aures, binos oculos, nasum, os & linguam; similiter posita omnia in omnibus fere animalibus. Deinde partes illæ corporis, tam exquisita arte atque consilio fabricatæ, oculi, aures, cerebrum, musculi, glandes, cor, pulmones, diaphragma, larinx, manus, alæ, vesicæ ad natandum, membranæ pellucidæ animalium quorundam oculis instar conspicillorum obductæ, aliaque sensus & motus organa, instinctusque in animalibus brutis & insectis; horum sane omnium conformatio prima, nulli rei tribui potest, nisi intelligentiæ & sapientiæ Entis potentis semperque viventis; qui sit ubique scilicet præsens, possitque voluntate sua corpora omnia in infinito suo uniformi sen-

so-

Digitized by Google

sorio movere, adeoque cunctas mundi universi partes ad arbitrium suum fingere & refingere, multo magis quam anima nostra voluntate sua ad corporis nostri membra movenda valet. Nec tamen mundum spectare debemus, tanquam corpus Dei; neque partes ejus, tanquam partes Dei. Deus est ens uniforme, organorum, membrorum, partiumque expers: illa autem omnia sunt creaturæ ejus, ei subjectæ, & voluntati ejus subditæ: isque nihilo magis est eorum anima, quam anima hominis est anima specierum illarum, quæ per organa sensuum deferuntur in sentiendi locum, ubi anima eas percipit immediata sua præsentia, sine ullius rei tertiæ interventu. Organa sensuum eum in finem data sunt, non quo eorum ope anima species rerum in sensorio suo percipiat, sed quo species istum in locum deferantur: Deus autem istiusmodi organis non eget, cum sit ipse rebus ipsis ubique præsens. Porro, quoniam spatium divisibile est in infinitum; materia autem, non est necessario in omnibus partibus spatii; illud insuper concedendum erit, utique posse Deum creare materiæ particulas variis magnitudinibus & figuris, vario quoque numero & quantitate pro ratione spatii in quo insunt, forte etiam & diversis densitatibus diversisque viribus; eoque pacto variare leges naturæ, mundosque condere diversa specie, in diversis spatii universi partibus. Certe in his omnibus nihil est, quod vel secum ipsum, vel cum ratione pugnet.

Quemadmodum in mathematica, ita etiam in physica, investigatio rerum difficilium ea methodo, quæ vocatur analytica, semper antecedere debet eam quæ appellatur synthetica. Methodus analytica est, experimenta capere, phænomena observare, indeque conclusiones generales inductione inferre, nec ex adverso ullas objectiones admittere, nisi quæ vel ab experimentis vel ab aliis certis veritatibus desumantur. Hypotheses enim in Philosophia, quæ circa experimenta versatur, pro nihilo sunt habendæ. Et quanquam ex observationibus & experimentis colligere inductione, non sit utique generalia demonstrare; at hæc tamen ratiocinandi methodus optima est, quam ferat natura rerum, tantoque firmior existimari debet illatio, quanto inductio magis sit generalis. Quod si ex phænomenis nihil, quod contra opponi possit, exoriatur; conclusio inferri poterit universalis. Et si quando in experiundo postea reperiatur aliquid, quod a parte contraria faciat; tum demum non sine istis exceptionibus affirmetur conclusio oportebit. Hac analysi licebit, ex rebus compositis ratiocinatione colligere simplices; ex motibus, vires moventes; & in universum, ex effectis causas; ex causisque particularibus, generales; donec ad generalissimas tandem sit deventum. Atque hæc quidem est methodus analytica. Synthetica est, causas investigatas & comprobatas assumere pro principiis, eorumque ope explicare phænomena ex iisdem orta, istasque explicationes comprobare.

In duobus prioribus libris hujus Optices methodo analytica usus sum ad investigandum & comprobandum congenitas radiorum luminis differentias, quoad refrangibilitatem, reflexibilitatem & colorem; eorumque alternas facilioris reflexionis & facilioris transmissus vices; corporumque proprietates, tum opacorum tum pellucidorum, e quibus radiorum reflexiones coloresque corporum pendent. Atque hæc quidem inventa, quum sint comprobata, poterunt in methodo synthetica, ut principia assumi, ad explicanda phænomena ex iisdem fluentia: cujus porro methodi exemplum dedi, sub finem libri primi. In tertio hoc libro, inchoavi solummodo Analysin earum rerum, quæ adhuc investigandæ restant, circa lumen circaque effectus quos id obtinet in corporibus naturalibus: multa attingens leviter, & quæ submonui, aliis examinanda relinquens, & promovenda usque experimentis atque observationibus curiosorum.

Quod si Philosophia naturalis, hanc methodum persequendo, tandem aliquando ab omni parte absoluta erit facta atque perfecta scientia; utique futurum erit, ut & Philosophiæ moralis fines itidem proferantur. Nam quatenus ex Philosophia naturali intelligere possimus, quænam sit prima rerum Causa, & quam potestatem & jus ille in nos habeat, & quæ beneficia Ei accepta sint referenda; eatenus officium nostrum erga Eum, æque ac erga nosmetipsos invicem, quid sit, per lumen naturæ in-

Digitized by Google

innotescet. Omnino si deorum falsorum cultus non occæcasset animum gentibus; longius se inter eos extendisset Philosophia moralis, quam ad cardinales illas quatuor, quas vocant, virtutes. Et qui animarum transmigrationem, Solisque & Lunæ, Heroumque mortuorum cultum docebant; id sane multo potius docuissent, qua ratione optime colendus esset verus noster & beneficentissimus Author. Quod quidem fecerunt majores ipsorum, antequam animum moresque suos corruperant. Lex enim moralis ab origine gentibus universis, erant septem illa *Noachidarum* præcepta: Quorum præceptorum primum erat, *UNUM esse agnoscendum Summum Dominum Deum, ejusque cultum non esse in alios transferendum*. Etenim sine hoc principio, nihil esset virtus aliud, nisi merum nomen.

F I N I S.

641728



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ig. 2.



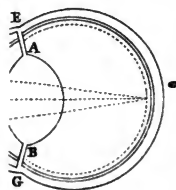


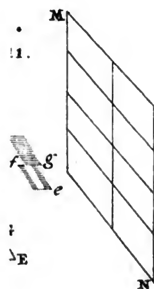
ig. 7.

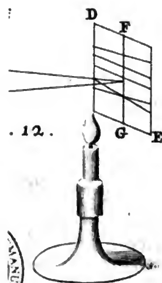


Digitized by Google

Digitized by Google





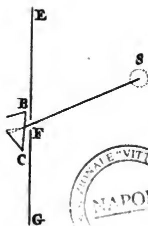


Digitized by Google

Digitized by Google









Digitized by Google

Digitized by Google

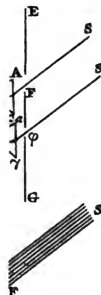
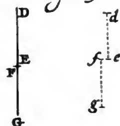
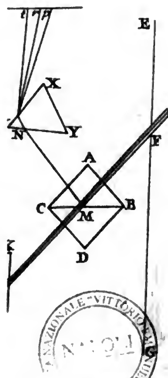


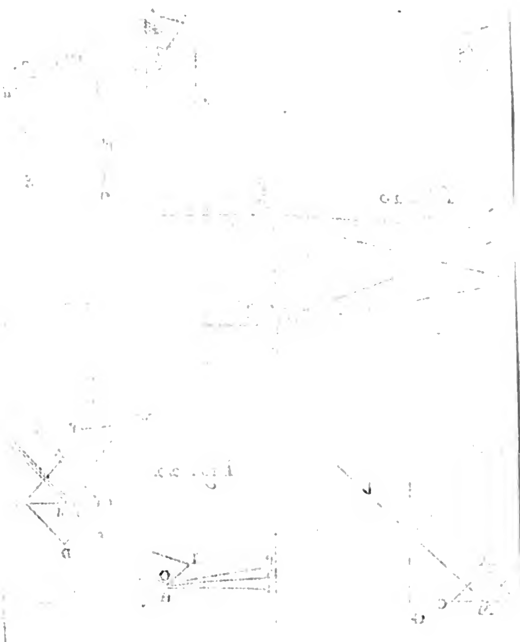
Fig. 19.



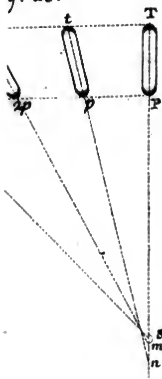


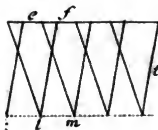
NAZIONALE VITTORIO EMANUELE

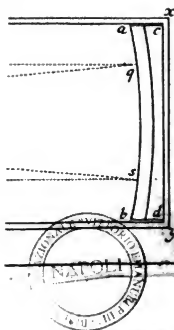
Digitized by Google



Digitized by Google





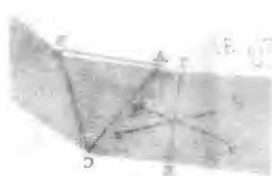


NAPOLI
Digitized by Google



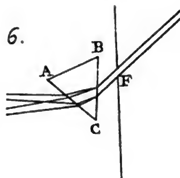


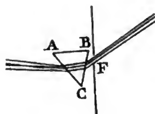


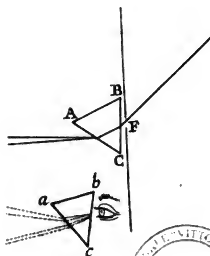




Digitized by Google









NAPOLI

Digitized by Google

Digitized by Google

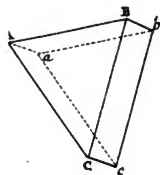
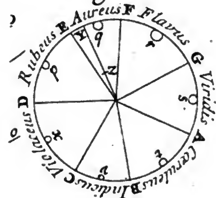
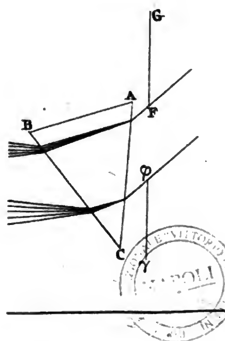


Fig. 11.





Digitized by Google



Digitized by Google

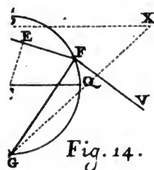
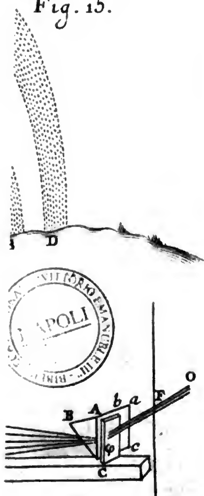
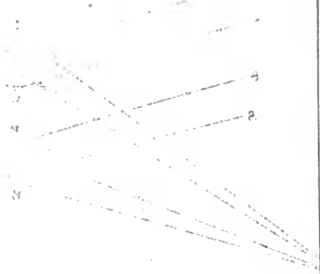


Fig. 14.

Fig. 15.



Digitized by Google





Digitized by Google

Fig. 2.

fghiklmnopqrstuxyz

Rubeus pallens
Cæruleus viridescens
Rubeus
Cæruleus viridescens
Rubeus
Viridis
Rubeus
Flavus
Viridis
Cæruleus
Rubeus
Flavus

B

Rubeus
Viridis Subcœruleus
Rubeus
Viridis Subcœruleus
Rubeus
Flavus
Viridis
Cæruleus
Violaceus
Rubeus

D

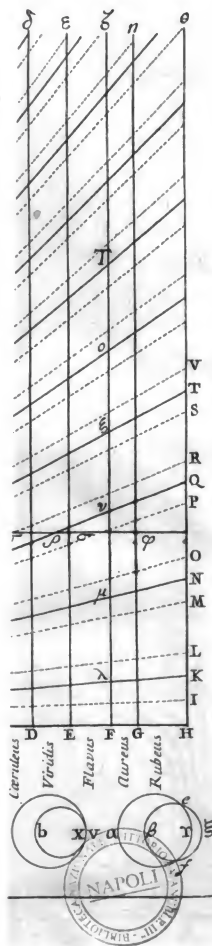
B

D

NAPOLI

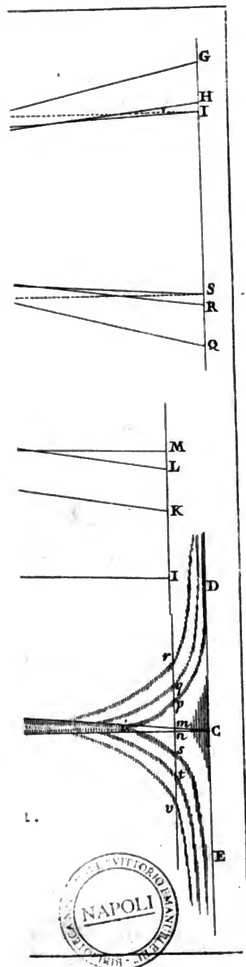
Digitized by Google

Digitized by Google



NAPOLI
Digitized by Google

Digitized by Google



BIBLIOTECA NAZ. VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI

Digitized by Google

64.1729

ISAACI NEWTONI

EQUITIS AURATI

IN

ACADEMIA CANTABRIGIENSI

Matheseos olim Professoris Lucasiani

LECTIONES OPTICÆ,

Annis MDCLXIX. MDCLXX. & MDCLXXI.

In Scholis publicis habitæ, & ex MSS. editæ.

LONDINI: An. 1729.

Pars II.

Digitized by Google

Digitized by Google

PRÆFATIO
EDITIONIS LONDINENSIS.



Unc tractatum lectoribus commendare supervacaneum est: cur enim opus laudaremus, quod magnum Nevvtonum habet auctorem? Prælectiones publicas hic exhibemus primas quas Nevvtonus Cantabrigiæ habuit, quando Barrovius anno 1669. ei concessit munus professorium in cathedra Lucasiana. Continent inventa de luce & coloribus, quæ auctor detexit anno 1666., quorum specimen anno 1671. coram regia societate exhibitum fuit, eodemque anno in Transactionibus, ut vocant, Philosophicis in lucem editum; & sub idem tempus hunc librum edidisset ipse Auctor, nisi ineptæ quorumdam imperitorum cavillationes eum deterruissent. Imo adeo abhorrebat Nevvtonus ab hujusmodi altercationibus, ut de hoc argumento per multos annos prorsus sileret, vix tandem anno 1704. amicorum precibus victus, ut absolutissimum illud de Opticis opus in publicum proferret, quo fortasse vel diutius privati essemus, nisi hæc Nevvtoni inventa insigni Geometræ Hugenio adeo placuisse jam compertum esset, ut magnam partem libri ejus de Dioptricis in hujus principia extruxisset, qui Hugenii liber inter Opera ejus Posthuma anno præcedente in lucem prodiit: hinc sperandum esset imperitis istis nugatoribus silentium imponi.

Liber de Opticis anno 1704. editus ab hoc tractatu haud parum differt. Multa quidem in utroque inveniuntur eodem sensu, sed ratione diversa tradita; in illo autem non pauca e præstantissimis inventis comparent, quæ hic non leguntur. Magna enim pars istius Operis iis explicandis occupatur, quæ lumini contingunt, dum per tenues lamellas perlucidas transit; hujusmodi vero experimenta breviter tantum in fine harum Prælectionum memorantur. Porro ex iis, quæ de hoc argumento in Transactionibus Philosophicis edita fuere, apparet auctorem nostrum in animo habuisse in hæc phænomena ulterius inquirere; sed inventa sua de his rebus vix perfecisse videtur intra duodecimum vel quindecimum annum, postquam hæc, quæ nunc edimus, lecta fuerunt. Quamquam autem his inventis liber noster caret; multa tamen præclara hic occurrunt, quæ in altero non habentur. Ibi enim Auctor cavisse, quantum potuit, videtur, ne demonstrationes geometricas cum argumentis philosophicis immisceret, & ubi necesse fuit propositionem Mathematicam proponere, ejus demonstratio vix unquam occurrit. Contra autem hic omnia geometrica in hoc argumento necessaria fuse demonstrat; quæ forsitan in altero libro ideo omiserit, quoniam haud dubitavit, quin hæ Prælectiones aliquando lucem essent visuræ; cum non modo publice Cantabrigiæ lectæ in archivis fuerant repositæ, sed etiam alia exemplaria in amicorum manibus adservabantur. Quod spectat ad prima Optices elementa, Auctor noster hic ubique Barrovii Prælectiones Opticas sequitur, & quæ ille de omni luce scripserat, Nevvtonus persequitur ulterius, & applicat ad diversam radiorum refrangibilitatum, rem Barrovio ignotam, sed ab eo omnino probatam, quando ei ab Auctore nostro explicata fuit, quod una ex e-

pi-

Digitized by Google

pistolis D. Collinsii in Commercio Epistolico *edita testatur, ubi Barrovius de his Prælectionibus loquens opus vocat, quo majus præsens ætas vix protulit. Hic etiam multæ propositiones demonstrantur, quæ auctor cum Barrovio communicavit & in Prælectionibus ejus, demonstrationibus prætermissis, editæ fuere. Hic nimirum demonstratur modus illius focum superficierum sfæricarum inveniendi, & in omnibus aliis curvis locum habere ostenditur ope* radii, *qui dicitur*, Curvaturæ; *item* Causticæ (*quas vocant*) *a refractione ortæ hic determinantur; has utique* Causticas *in superficiebus sfæricis & ipse Barrovius determinavit. Hisce vero prælectionibus Nevvtonus in curvis omnibus radii curvaturæ earum ope has causticas exhibet. Hos quidem curvaturæ radios jampridem consideraverat, & modum eos inveniendi in libro de* Fluxionibus, *anno* 1665. *scripto, docuerat; idemque argumeutum ulterius prosecutus est in alio libro anno* 1671. *scripto. Hoc apparet ex epistola ipsius ad Collinsium Dec.* 10. 1672. *inter cæteras in* Commercio Epistolico *edita, & parte quadam illius in editione ultima* Principiorum Philosophiæ; *nec non ex tractatibus ipsis, qui adhuc inediti restant, quorum cum varia exempla dispergantur, nonnulli in lucem eos proferre polliciti sunt.*

Harum Prælectionum exemplum Nevvtonus olim Gregorio Astronomiæ Professori Saviliano, a quo desumptum est illud, unde hæc editio impressa est, quod summa fide & cura descriptum fuisse cum eo Gregorii conferentes invenimus. Exemplum autem Gregorii cum ab ipso Nevvtono fuisset acceptum, non dubitavimus, quin perfectum esset; sed postquam editio nostra typis fuerat impressa, audivimus exemplum illud Cantabrigiæ in Academiæ archivis asservatum, magis esse absolutum; cujus exemplum nacti, ex collatione rem ita esse invenimus. Differentias igitur una cum erratis typographicis ad libri calcem adnotavimus, ex hisce autem differentiis aliæ tam leves esse videbantur, ut negligi fere potuissent; aliæ vero haud parvi momenti; aliæ videntur incuriæ scribentis deberi, cui Nevvtonus descriptionem exempli Gregoriani mandavit; aliæ denique emendationibus ab ipso Nevvtono factis in eo codice, quem in Archivis Academiæ reposuerat.

In locis quibusdam ad finem paginæ brevem notam subjecimus; quod cum sæpius forsan fecisse non incommodum fuisset, unam atque alteram hic apponemus. *

I N-

* In hac Editione omnia locis suis reposita reperientur.

Digitized by Google



OPTICÆ

PARS PRIMA:

De Radiorum Lucis Refractionibus.

SECTIO PRIMA.

I.

Radiorum diversam esse refrangibilitatem.



Nventio Telescopiorum nupera plerosque Geometras ita exercuit, ut nihil in Optica non tritum, nullum inventioni præterea locum aliis reliquisse videantur. Et insuper, cum Dissertationes, quas hic, non ita pridem, audivistis, tanta rerum opticarum varietate, novarum copia, & accuratissimis earundem demonstrationibus fuerint compositæ; frustranei forte videantur conatus, & labor inutilis, si ego Scientiam hanc iterum tractandam suscepero. Verum, cum Geometras in quadam Lucis proprietate, quæ ad Refractiones spectat, hucusque hallucinantes videam, demonstrationes suas in hypothesi quadam physica haud bene stabilita tacite fundantes; non ingratum me facturum judico, si principia Scientiæ hujus examini severiori subjiciam, &, quæ ego de iis simul excogitavi, & experientia multiplici habeo comperta, subnectam iis, quæ Reverendus meus Antecessor hic loci postrema dixit.

Imaginantur Dioptrices studiosi, quod Perspicilla ad quemlibet perfectionis gradum perduci possent, modo vitris, dum perpoliuntur, geometricam, quam vellent, figuram communicare concederetur; & in eum finem instrumenta varia fuere excogitata, quibus vitra in figuras hyperbolicas, vel etiam parabolicas, contererentur. Sed exacta istarum figurarum fabricatio nemini hucusque successit: scilicet aratur litus; &, ne labores suos in negotio desperato diutius insumant, iis polliceri audeo, quod, licet omnia fierent feliciter, nihil minus tamen, quam votis suis responderent. Etenim vitra, licet efformentur secundum figuras in istum finem optimas, quæ possunt excogitari; tamen non duplo plus præstabunt, quam sphæricæ æquali politura perfectæ. Hæc autem non ideo loquor, quasi peccatum esse a Scriptoribus

Digitized by Google

Optices contenderem; illi enim omnia, pro intentione demonstrationum suarum, accurate quidem & verissime dixerunt; sed aliquid tamen, idque maximi momenti, reliquerunt Posteris inveniendum; scilicet in Refractionibus irregularitatem quandam reperio, quæ omnia perturbat, & non solum efficit, ut figuræ conicarum Sectionum sphæricas non multum superent, sed etiam, ut sphæricæ multo minus præstent, quam præstarent, si dicta Refractio esset uniformis.

Itaque in Dioptrica pedem figo; non, ut eam pertractarem de integro, sed tantum, ut hanc de natura Lucis proprietatem rimarer primo; deinde, ut ostenderem, quantum ex hac proprietate perfectio Dioptrices impeditur; & quo pacto incommodum istud, quatenus natura rei finit, devitetur. Ubi & nonnulla proferam, quæ ad Telescopiorum juxta & Microscopiorum, tum theoriam, tum praxin spectant; ostendens, quod Optices summa perfectio, præter opinionem receptam, ex Dioptrica & Catoptrica mixtis * petenda est. Ac interea discrimen Colorum, & eorum genesim a Prismatibus, & corporibus etiam coloratis, fuse explicabo.

II.

Quod omnium Radiorum non sit eadem Refrangibilitas.

De Luce itaque compertum habeo; quod Radii ejus, quoad quantitatem Refractionis, ab invicem differant. Ex iis, qui omnes habent eundem angulum Incidentiæ, alii angulum Refractionis aliquanto majorem, alii minorem habebunt. Plenioris illustrationis gratia, sit E F G (*Fig.* 1. *Tab. I.*) superficies quælibet refringens, puta, vitrea, & ducatur quævis O F huic occurrens in F, & cum ea efficiens angulum O F E acutum. Concipe etiam Radios solares per istam lineam O F sibi continuo successivos fluere, ita ut alii post alios in punctum F impingant, ibidemque in medium densius refringantur; vel, si mavis, finge paralleos Radios indefinite parum distare ab O F, & incidere in puncta ipsi F vicinissima. Jam, ex opinione recepta, hi Radii, eandem habentes Incidentiam, eandem quoque Refractionem omnes habere debent, puta, in lineam F R. At contrarium compertum habeo; scilicet, quod, postquam refringuntur, divergant ab invicem, quasi quidam refringerentur in lineam F P, alii in lineam F Q, & alii in lineas F R, F S, & F T, ac alii etiam innumeri per spatia intermedia, ut & ultra citraque nonnulli pervagantes, prout Radius quilibet ad Refractionem majorem, minoremve patiendum sit aptus. Invenio præterea, quod Radii F P, maxime refracti, Colores purpureos producant, & illi F T, minime refracti, rubros; qui autem, hisce intermedii, F Q, F R, F S, pergunt, Colores intermedios, nempe, cæruleos, virides, & flavos generant: & sic Radii, prout apti sunt, ut alii aliis magis atque magis refringantur, hos ordine Colores, rubrum, flavum, viridem, cæruleum, & purpureum generant, una cum omnibus intermediis, quos in Iride liceat conspicere; unde productio Colorum Prismatis & Iridis facile patebit. Sed, his jam perfunctorie notatis, quæ de Coloribus dicenda sunt, in posterum differam.

III.

Probatur, experimento vulgari, per longitudinem imaginis solaris refractæ.

Sententia nostra de hac re sic breviter explicata, ne putetis fabulas pro veris enarratas esse, rationes & experimenta, quibus isthæc innituntur, continuo proferam. Et, quoniam experimentum quoddam Prismatis valde obvium mihi primo dedit occasionem excogitandi reliqua, istud primum explicabo. Sit F (*Fig.* 2. *Tab. I.*) foramen aliquod in pariete, vel fenestra cubiculi, per quod Radii solares O F trajician-

* Ut in Telescopio Cata-dioptrico. Vid. *Transact. Philos.* No. 81. & *Newtoni Optica* Lib. 1. Part. 1. Prop. VII. & VIII.

Digitized by Google

ciantur, reliquis ubique foraminibus diligenter obturatis, ne Lux alibi ingrediatur. Ista autem obscuratio cubiculi non est prorsus necessaria, sed efficit tantum, ut experimentum evadat aliquanto evidentius. Deinde Prisma triangulare vitreum A *a* B *b* C *c* ad foramen istud applicetur, quod Radios O F per se trajectos refringat versus P Y T Z, quos Radios, opposito pariete, vel papyro aliqua, ad distantiam a Prismate satis magnam objecta, terminatos, videbis in figuram P Y T Z valde oblongam efformari, cujus nempe longitudo P T sit quadruplex latitudinis Y Z & amplius. Et hinc evinci certo videtur, quod Radiorum æqualiter incidentium alii majorem aliis Refractionem patiuntur. Nam, si contrarium esset verum, prædicta Solis imago appareret fere orbicularis, &, in quadam positione Prismatis, ad sensum orbicularis conspiceretur; id, quod contra omnem experientiam est. Quocunque enim situ Prisma disposui, nunquam tamen potui efficere, quin longitudo imaginis esset latitudinis plusquam quadrupla; angulo scilicet Prismatis A C B, vel *a c b* existente graduum, plus minus, sexaginta.

IV.

Casus, in quo Radii æque refrangibiles faciunt imaginem orbicularem.

Quod autem datur quædam Prismatis positio, in qua imago Solis, ex opinione de Refractionibus recepta, appareret orbicularis, sic ostendo. Juxta foramen, in fenestra cubiculi factum, Prisma collocetur foras; vel, quod eodem recidit, sit E G (*Fig. 3. Tab. I.*) corpus aliquod opacum citra Prisma locatum, in quo sit F foramen indefinite parvum & orbiculare, per quod Radii refracti in parietem directe oppositum, ad imaginem P Y T Z ibi depingendam, trajiciantur; & ponatur A B C esse planum secans A *a c* C, B *b c* C, plana refringentia, perpendiculariter, atque etiam transiens per foramen F, ut & per centrum Solis D I H V, quem bissecet secundum diametrum ejus D H, a cujus extremitatibus Radii D K & H N, in eodem plano jacentes, adveniant, qui, postquam refringuntur, (D K in K *n*, & *n* T, atque H N in N *k*, & *k* P) utrinque pergant per centrum foraminis F; & præterea sit talis inclinatio Prismatis ad istos Radios, ut anguli A K D & B *k* F fiant æquales. Deinde sit I V alia Solis diameter prædicto plano A B C perpendicularis, a cujus extremitatibus alii duo Radii V L, & I M adveniant; alter I M cis planum A B C, qui refringatur in M *l*, & *l* Y; alter vero V L ultra planum illud, qui refringatur in L *m*, & *m* Z, & prædicti quatuor Radii sese omnes decussent in medio foraminis F. Denique ponatur, quod imago lucida P Y T Z foramen directe respiciat, ita scilicet ut F P, & F T, item F Y, & F Z æquales fiant. Dico jam, quod, in ista positione Prismatis, anguli P F T, ac Y F Z æquales essent, supposito Radios omnes æque refringi, qui eundem habent angulum Incidentiæ, & proinde, quod imago ista, sensui saltem, deberet esse orbicularis; utpote cujus diametri P T & Y Z sese decussant perpendiculariter, & æquales istos angulos subtendunt.

V.

Demonstratio casus istius. PARS I.

Angulos autem istos P F T, & Y F Z æquales esse sic demonstro. Concipe Radium aliquem a P per *k*, & N retrocedere, dum alius Radius pergit a D, per K & *n*; itaque, cum anguli A K D, & B *k* F supponantur æquales, erunt etiam anguli, per primas Refractiones facti, A K *n*, & B *k* N, æquales; unde triangula C K *n*, & C *k* N erunt similia, & eorum anguli externi *k* N A, K *n* B æquales; & proinde anguli, per secundas Refractiones facti, A N H, & B *n* F, sunt æquales. Quare, cum anguli A K D, & B *k* F; item A N H, & B *n* F sint æquales,

Digitized by Google

eorum differentiæ erunt etiam æquales; hoc est, angulus *n* F *k*, sive PFT, æqualis angulo, quem Radii DK, & HN comprehendunt, sive diametro solari. Quare, cum demonstratum fuerit, quod angulus YFZ æquatur eidem diametro, liquebit propositum. Istud autem ut fiat, Theorema quoddam, more Lemmatis, præsternendum est.

VI.

LEMMA *ad secundam partem*.

Sint duo plana (*Fig.* 4. *Tab. II.*) ABCD, & EFGH sibimet perpendicularia, quorum communis intersectio sit KL; & sit IP Radius quilibet, qui, in planum ABCD incidens ad punctum P, ab eo refringitur in PR; Dico, quod sinus anguli, quem Radius incidens IP efficit cum plano perpendiculari FH, sit ad sinum anguli, quem Radius refractus PR efficit cum eodem plano, sicut sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis, & proinde in ratione data. Sumptis enim Radiis IP, & PR æqualibus, & demissis IQ, & RV ad planum FH perpendicularibus; & præterea ad punctum Incidentiæ erecta SPT perpendiculari ad planum refringens BD, (quæ ideo cum altero plano FH coincidet;) & ad istam demissis IS & RT iterum perpendicularibus; erit IPQ angulus, quem Radius incidens IP efficit cum plano perpendiculari FH; & RPV angulus, quem Radius refractus PR efficit cum eodem plano. Item IPS angulus Incidentiæ, & RPT angulus Refractionis. Quare, si IP, vel PR supponatur radius circuli, erunt IQ, RV; & IS, RT dictorum angulorum sinus. Sed IQ & RV sunt paralleli, (6. 11. Elem.,) propterea quod eidem plano FH sunt perpendiculares. Item IS & RT sunt paralleli, (28. 1. Elem.,) quia, jacentes in eodem plano ISPTR, eidem rectæ ST perpendiculariter insistunt. Hoc est, rectæ IQ, IS, quæ angulum QIS comprehendunt, sunt parallelæ rectis RV, RT, comprehendentibus angulum VRT. Quare isti anguli QIS & VRT sunt æquales, (10. 11. Elem.:) Ductis autem QS & VT, fient anguli IQS & RVT recti; (Def. 3. 11., Elem.,) quia rectæ IQ & RV plano FH perpendiculariter insistunt. Ergo triangula IQS & RVT sunt similia, (4. 6. Elem.,) & IQ. RV : : IS. RT; hoc est, sinus angulorum, quos Radius incidens, & refractus efficiunt cum plano aliquo FH ad refringens planum BD perpendiculari, sunt ut sinus Incidentiæ, & Refractionis, & proinde in ratione data. Quippe sinuum istorum rationem esse datam *Cartesius* edocuit, & alii deinde fuerunt experti.

Quinetiam Theorematis jam demonstrati veritas manebit salva, licet planum FH plano refringenti BD alibi perpendiculariter insistat, quam ad punctum refringens P. Exinde enim neque anguli cum Radiis & plano FH effecti, neque ideo sinus istorum angulorum immutabuntur.

VII.

PARS SECUNDA.

Hisce ita præmonstratis, ad propositum jam revertar; demonstraturus scilicet angulum YFZ (in *Fig.* 3. *Tab. I.*) diametro Solis, ac proinde angulo PFT, æquari. Ex supra positis liquet, quod planum KDHN *k* F *n* bissecat angulum Radiis IM & VL utrinque jacentibus contentum. Itaque, cum iste angulus æquetur diametro solari, angulus, quem Radiorum alter, puta IM, cum dicto plano facit, æquabitur semidiametro solari, cujus esto sinus A; & B sinus anguli, quem Radius iste refractus M *l* facit cum eodem plano. Jam, cum planum istud supponatur pendiculare ad Prismatis refringens planum AC, erit, ex præcedenti Lemmate, sinus A ad sinum B sicut sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis e medio rariori in me-

Digitized by Google

medium densius. Vel, e contra, sicut sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis e medio densiori in rarius, ita erit B ad A. Quare, cum dictum planum D H F etiam perpendiculare sit ad alterum Prismatis planum B C, quod Radios e medio densiori in rarius refringit, & insuper, cum B supponatur anguli sinus, quem Radius incidens M *l* facit cum plano isto perpendiculari D H F, erit (per Lemma præcedens) A sinus anguli, quem Radius refractus *l* F facit cum eodem plano D H F; sed A ponitur sinus semidiametri solaris, ergo ille angulus, quem Radius *l* F facit cum plano D H F, æquatur semidiametro solari, & ejus duplus *l* F *m*, sive Y F Z, toti diametro; &, cum supra fuerit ostensum, quod angulus P F T sit eidem diametro æqualis, isti duo anguli YFZ & PFT erunt æquales. Q. E. D.

Jam, si planum YFZ esset perpendiculare plano imaginis PYTZ, æque ac planum PFT, istæ quatuor lineæ FP, FT, FY, & FZ, quæ angulos æquales comprehendunt, essent omnes inter se æquales; & proin subtensæ P T, & Y Z etiam æquarentur. Sed, qui rem serio perpendit, inveniet Radios collaterales V L *m* F Z, & I M *l* F Y duobus reliquis D K *n* F T, & H N *k* F P paulo minus refringi, & idcirco planum YFZ paulo magis declinabit e Radio F P, quam ab FT, secans lineam PT infra medium ejus punctum X; & sic, divaricans a perpendiculari F X, (quam concipe ductam,) erit aliquantulum obliquum ad planum imaginis P Y T Z, & ea de causa lineæ FY, & F Z erunt paulo majores, quam FP, & FT; & subtensa Y Z paulo major, quam subtensa P T. Sed hujus rei demonstrationem, utpote nimis longam & proposito meo non omnino necessariam, prætermitto. Etenim non multum refert, utrum planum YFZ sit rectum ad planum imaginis PYTZ, vel nonnihil obliquum; hoc est, utrum Y Z sit æqualis, vel major, quam P T; sufficit, quod nequit esse minor. Imo, cum propter isoscelia triangula P F T, & YFZ, sit FP. FY: : P T. Y Z, atque FP & F Y sint quam proxime æquales, tantilla erit inter P T, & Y Z differentia, ut, quoad sensum, pro æqualibus haberi possint.

VIII.

In isto tamen casu longitudo imaginis plusquam quadruplex est latitudinis. Unde varia Refrangibilitas evincitur.

Ostensus itaque casus est, in quo longitudo solaris imaginis per Prisma trajectæ conspiceretur æqualis ejusdem latitudini, & proinde, in quo imago ista quasi orbicularis appareret, modo vera esset opinio vulgaris. Quinimo, licet positio Prismatis alia sit, atque descripsi, modo Radii utrinque Refractionem non valde inæqualem patiantur, figura tamen imaginis eapropter vix immutabitur. Nec multum interest, an corpus opacum E G, foramine F ad Radios transmittendos terebratum, citra Prisma collocetur, vel ultra; neque figura foraminis multum curanda est, modo sit exigua. Etenim tam parvæ variationes haud plus mutabunt imaginem, quam decima, forte, vel quinta parte diametri suæ, sicut cogitanti patebit. Atque ita, ut paucis tandem comprehendam omnia, liquet, quod imago Solis refracta, ut plurimum, deberet esse sensui quasi orbicularis, si modo ejusdem Incidentiæ in idem medium Refractio semper foret eadem. Sed prius repugnat experientiæ; longitudine scilicet ejus latitudinem plusquam quatuor vicibus, ut dictum fuit, excedente: Ergo posterius repugnat veritati, & ejusdem Incidentiæ Refractio est varia.

IX.

Ejusdem rei demonstratio brevior.

Ex eodem experimento potui propositum sic brevius indicasse; nempe, cum ita disposuissem Prisma, ut Refractio Radiorum, tum ingredientium, tum egredientium,

Digitized by Google

tium, foret quasi æqualis, angulos PFT, & YFZ (*Fig.* 2. vel 3. *Tab. I.*) dimensus sum, & inveni quidem angulum YFZ semissi gradus, sive diametro Solis, æqualem. At angulus PFT eandem diametrum quater, & amplius, superavit, cui tamen æqualis esse debuisset, ex parte priori præcedentis demonstrationis; & inde planissime liquet propositum. Verum in eorum gratiam, quæ mox sequentur, oporteret demonstrasse, quod illi Radii, quorum Refrangibilitas non est dispar, efformabunt imaginem fere orbicularem; & ea de re mihi visum fuit demonstrationem istam, etiamsi longiusculam, in illustrationem hujus experimenti hic adduxisse.

X.

Quo pacto Prisma facile statui potest in situ ad experienda prædicta requisito.

Verum, cum in experiendis prædictis eam esse positionem Prismatis supposuerim, ut Radii ad utramque faciem Prismatis æqualiter refringantur; conclusionis loco, dicam, qua ratione istud cito fiat & facile. Si Prisma teneatur in Luce solari, & motu lento circa axem suum convertatur, videbis Colores, quos efficit, de loco in locum continuo motu translatos esse, ita quidem, ut aliquando progredi, deinde vero regredi videantur. Observabis itaque medium inter istos contrarios motus, quando Colores, modo progressi & statim regressuri, videntur quiescere; quod ubi vides, siste Prisma, idque in isto situ fige. Dico factum. Scilicet, in eo situ summa Refractionum utrobique factarum, sive Radii emergentis ad incidentem inclinatio, evadit omnium minima. Quod cum accidit, Refractiones utrobique sunt æquales, uti posthac demonstrabitur.

XI.

Imaginis præfatæ figura describitur, quæ partim rectis, partim semicirculis comprehensa est.

Ceterum experimenti hujus varias circumstantias, non minus jucundas experienti, quam propositi nostri indicativas, prosequi jam animus est. Et primum notandum venit, quod imaginis istius figura, secundum longitudinem suam lineis rectis terminata fuit, & secundum latitudinem duobus (ut ex visu potui judicare) semicirculis. In *Figura* 5. *Tab. II.* sit PT imago Solis Prismate refracta; hanc observabam ad latera duabus lineis AB, & CD, quoad sensum, rectis, & iis parallelis, terminari, ad extremitates autem duobus semicirculis APC, & BTD, cujus quidem eventus causa ex præmonstratis sic determinatur.

XII.

Quomodo talis evadit per circulares imagines, (quas unumquodque genus Radiorum æquabiliter refrangibilium facit,) in longum dispositas.

Semicirculi illi terminantes in circulos compleantur, ut vides in *Figura 6. Tab. II.*, & alius inscribatur circulus YZ istis intermedius. Jam concipe Radios quosdam a Sole provenientes, qui apti sunt, ut, æqualiter incidentes, etiam æqualiter refringantur. Illi per Prisma trajecti, ex supra demonstratis, imaginem, quoad sensum, (si sola posset videri,) circularem depingent, puta, BD. Deinde concipe alios ejusdem Solis Radios sibi etiam conformes, qui apti sunt, ut prioribus paulo magis refringantur; illi itaque aliam imaginem depingent circularem, puta, YZ.

Et

Digitized by Google

Et alios etiam Radios adhuc magis refrangibiles concipe, qui tertiam circularem imaginem AC efficient. Denique, alios innumeros cogita prædictis plus & minus refrangibiles, & illi alias etiam innumeras circulares imagines, prioribus tum intermedias, tum extremas, efformabunt, illuminantes oblongum spatium PYTZ, rectis lineis AB & CD, duobusque semicirculis contentum. Verum, cum imagines illæ sint omnes ejusdem pene magnitudinis, & inter lineas AB & CD in directum dispositæ, istæ lineæ AB & CD pro rectis sibi parallelis haberi possunt, & ad sensum tales videbuntur; & sic totum spatium PYTZ, Radiis ex eadem Incidentia varie refractis illuminatum, partim parallelis rectis, & partim semicirculis oppositis terminabitur; sicut experientia compertum est.

XIII.

Exinde deducitur experimentum, quo termini recti fiant distinctissimi.

Hanc autem conjecturam ut penitus probarem, cogitabam de imagine Solis per foramen aliquod sine ulla Refractione ad distantiam magnam trajecta, scilicet quod male definitur, termino existente inter Lucem & tenebras minime distincto: At, si Radii isti per Lentem convexam transeant, cujus focus ad imaginem est, imago terminabitur distinctissime. Simili modo de Radiis æque refrangibilibus intellexi, quod, si per Prisma trajicerentur ad distantiam magnam, depingerent imaginem circularem male definitam, cujus tamen terminus, mediante Lente convexa, distinctissimus evaderet. Itaque, cum vidissem terminos imaginis refractæ PYTZ non admodum distinctos, de imaginibus BD, YZ, AC, & reliquis circularibus, oblongam istam formantibus, conjiciebam, quod multo distinctius terminarentur per Lentem convexam trajectæ, quam aliter; & experienti res patuit. Nam rectas AB, & CD, in quas imagines omnes istæ circulares utrinque terminantur, vidi admodum distinctas, quas antea confusas videram.

XIV.

Quare termini circulares semper apparent confusi.

Sed, quod notatu valde dignum videtur, termini circulares APC, & BTD imaginis illius semper apparuere maxime confusi, Luce paulatim deficiente, donec tandem in tenebras desiit. Scilicet intermedii circuli, ut YZ, miscentur aliis circulis utrinque cadentibus, quibuscum ex aliqua sui parte coincidunt. At extremi quidem circuli, AC, & BD, ex una tantum parte cum aliis concurrunt, & eorum concursus continuo fit rarior, & exinde Lux usque remissior, dum ad extremitates, P, ac T, deventum est. Sed & alia prodit istius rei causa; scilicet, quod Radiorum maxima copia apta sit, ut mediocrem Refractionem patiatur, & sic in medium imaginis incidat; & quod eorum numerus continuo minor existat, quibus competit gradus Refrangibilitatis alterutrinque magis extremus.

XV.

Admonitio de figura & situ Lentium & Prismatum.

Ceterum ad isthæc experienda Lentes adhiberi vellem, quarum foci sunt longinqui, sex, forte, vel duodecim pedibus a Lentibus distantes, modo tales præsto sint: saltem non sint minus distantes, quam duobus. Atque etiam latera Prismatis debent esse accurate plana; sin latera ejus sint aliquatenus convexa, tum præstat adhibere Lentem, cujus focus ad pedes tantum duos, vel tres a se remotus est. Quibus paratis, Lentem Prismati ex utravis parte colloca vicinam, ita scilicet, ut Radios per se

Digitized by Google

ſe trajectos directe reſpiciat. Deinde Radii in papyrum aliquam excipiantur, quam ultra citraque transfer, donec imaginem coloratam utrinque rectis parallelis diſtinctiſſime terminatam videas.

XVI.

Deque imagine quadam orbiculari.

Sed obſervandum eſt, quod, cum Priſma collocatur ultra foramen F, (ut in *Fig.* 3. *Tab.* I.) vel ipſi quam proxime citra, & Lens magis diſtat ab iſto foramine, quam focus Lentis, quem Radii in eam parallelos incidentes efficerent, diſtat a Lente; duplicem invenies caſum, in quo imago in papyrum projecta evadat diſtincta: alter, quando Radii omnes homogenei, qui in Lentem paralleli incidunt, ita refringuntur, ut ad papyrum iſtam in eodem puncto concurrant; quod fit, quando vides imaginem coloratam oblongam, & parallelis rectis diſtincte terminatam: alter caſus eſt, quando Radii omnes homogenei ab uno puncto foraminis F divergentes, poſtquam a Lente refringuntur, ad unum iterum punctum dictæ papyri convergunt. Id autem accidit, cum imaginem albam, orbicularem, & undique bene definitam vides. De quo fuſe dicetur alibi. Sufficiat hoc monitum hic dediſſe, ne quis propriis oculis hæc experturus, per ambiguitatem effectus incaute decipiatur, & exinde prædicta in dubium revocet.

XVII.

Ac de umbris nebularum Solem intercedentium.

Juvat annotare præterea, quod nebulæ aliquæ tenuiores interceperunt diſcum Solis, eum non penitus obſcurantes, & umbras in hanc imaginem P T projecerunt, non ſui ſimiles, ſed in longum protenſas, & imaginis terminis rectilineas parallelas. Id, quod ratiociniis modo allatis accurate convenit. Nam, concipe nebulam aliquam in diſco Solis ad inſtar maculæ conſpicuam eſſe; & ea, ſi Radii maxime refrangibiles, circuloque A C (*Fig.* 7. *Tab.* II.) circumſcripti ſpectentur, umbram projiciat in locum L, ita ut circulus A C cum umbra L diſcum Solis nebula deficientem referat. Quo poſito, ſi Radii minime refrangibiles, circuloque B D circumſcripti ſpectentur, umbra nebulæ ab iis projicietur in locum N, cujus talis erit ſitus in circulo B D, qualis eſt ipſius L in circulo A C, quippe hic etiam diſcum Solis nebula deficientem refert. Atque idem porro diſcurſus de circulo quolibet intermedio cum umbrella ejus M intelligatur; adeo ut, propter indefinitam multitudinem circulorum ſpatium integrum A B D C occupantium, nebula ſuas umbras per totam longitudinem L N diſpergat, eamque reddat obſcuram; & ſic, cum plures nebulæ, vel nubium ſinus, Soli interveniant, imago ejus plurimis umbris in longum diffuſis, & parallelis obſcurabitur.

XVIII.

Ab imaginis figura aliud etiam experimentum deducitur quo fiat multum oblongior.

Ut dictas proprietates Lucis, qua potui diligentia, perſcrutarer, ſequentem præterea modum excogitavi, quo illas examini ſubjicerem. Nempe, (in *Fig.* 6. *Tab.* II.) cum magnitudo circulorum A C, Y Z, B D, dependeat a magnitudine ſolari, ſi diameter Solis fieret aliquanto minor, quam nunc revera exiſtit, tum illi etiam circuli fierent minores, diſtantia centrorum H, I, K, non omnino mutata, ut videre eſt (in *Fig.* 8. *Tab.* II.) Et ſic latitudo imaginis, ad ejuſdem longitudinem comparata,

rata,

Digitized by Google

rata, multo minor evaderet, quam antea; utraque scilicet per eandem quantitatem diminuta. Hæc probaturus effeci, ut Radii Solis per duo parva foramina ab invicem longe distantia transirent, antequam inciderent Prismati; quo pacto Radii ab extremis partibus Solis venientes excludebantur, & res perinde successit, quasi diameter Solis revera esset diminuta. Illustrationis gratia, sit (in *Fig. 9. Tab. II.*) *efg* fenestra parvo foramine *f* penetrata, per quod Radii solares cubiculum, alias obscuratum, ingrediantur; deinde sit EFG corpus aliquod opacum, perforatum ad F, & in medio cubiculo ita locatum, ut Radii iterum permeent foramen istud, antequam Prisma ABC pone locatum attingant. Jam, foraminum istorum diametro existente $\frac{1}{8}$ digiti, & eorundem distantia *f* F 12 pedibus, (ita scilicet, ut maxima Radiorum utrumque foramen permeantium inclinatio foret angulus fere minutorum *6*, hoc est, quasi quinta pars diametri solaris,) atque etiam imagine PT projecta in papyrum, decem pedes a Prismate distantem, prout angustia cubiculi tulit; inveni longitudinem imaginis esse plusquam quatuor digitorum cum semisse, & latitudinem trientis digiti; hoc est, longitudinem plusquam quatuordecim vicibus majorem latitudine, sicut ex prædictis oportet evenisse. Etenim, cum isti tantum Radii mittuntur intro, qui minus, quam quinta parte solaris diametri ad se invicem inclinantur, diametri AC, YZ, & BD, diminutæ diametro foraminis F, debent esse quintuplo minores, quam secundum priora contingeret, ut videre est (in *Fig. 6.* & *7. Tab. II.*) quasi a Sole essent effectæ, cujus diameter sit quinquies minor diametro Solis nostri. Verum, si corpus opacum *fg* (*Fig. 9. Tab. II.*) tolleretur, ut Radii per unum solummodo foramen F ad Prisma transirent, sicut in prioribus factum est, latitudo imaginis evaderet $1\frac{1}{6}$ digitorum, & longitudo plusquam 5 dig.: angulo nempe Prismatis existente *60* grad., vel paulo majori. Itaque diameter circulorum AC, YZ, & BD, qui eo, quo dictum est, modo, imaginem constituunt, esset $1\frac{1}{6}$ dig., a qua subducatur diameter foraminis, nempe $\frac{1}{8}$ dig., & manebit $1\frac{1}{24}$ dig., cujus quintæ parti rursus adjungatur eadem foraminis diameter sive $\frac{1}{8}$ dig. & prodibit $\frac{1}{3}$ dig. diameter circulorum AC, YZ, & BD, in *fig.* 8., quæ minor est quam diameter circulorum istorum, in *fig. 6.*, quantitate $\frac{5}{6}$ dig. Quamobrem, *figura* 8., quaquaversum est minor quam sexta, quantitate $\frac{5}{6}$ dig. Atque ideo longitudo ejus fit plusquam 4 dig., latitudo autem digiti triens. Id, quod cum experientia modo recensita quadrat. Ad eundem modum, si foramina *f* & F adhuc minora forent, vel si distantia *f* F foret major, imago PT oblongior evaderet. Quod idem quoque quadantenus contingeret, ex imagine PT a Prismate longius dissita. Ceterum notandum est, quod foramina *f* & F ad Radios direct. respicientia supponam, licet non multum refert, an situs eorum sit parum obliquus, ut in apposita figura nona factum est.

XIX.

Experimentum istud promovetur.

Porro, si in hoc experimento convexam Lentem, ut prius, adhibueris, cujus focus ad imaginem cadit, foramine F (si placet) dilatato, vel opaco corpore EG prorsus ablato, ut Radii per foramen longinquum *f* solummodo transeant, &, si foramen istud *f* effeceris angustius, quam antea (ceteris ut prius stantibus) imaginem valde oblongam, & pro longitudine lucidiorem videbis, quam in casu priori. Exempli gratia, si diameter foraminis sit pars digiti vigesima, & si pedibus ab inde duodecim Prisma cum Lente disposueris, videbis longitudinem imaginis plusquam octoginta, vel centum vicibus latitudine majorem. Sed in his experiendis oportet cubiculum quaquaversus bene obturatum esse; ne Lux alibi, quam per foramen *f*, ingressa perturbet imaginem, & juxta circulares ejus extremitates obscuram reddat:

Digitized by Google

Et præterea, si superficies Prismatis sint accurate planæ, præstat adhibere Lentem, quæ focum ad distantiam magnam projicit, puta, ad 12, vel 20 pedes, modo loci amplitudo sinat; quo pacto de proportionibus imaginis melius judicium proferas. Quod, si latera Prismatis sint aliquantulum convexa, ut iis nonnunquam contingit, quæ vulgo venduntur, licebit istud absque ulla Lente, solum adhibere, & ejus convexitas Radios, vice Lentis, ad magnam distantiam congregabit. Quinimo, si cum Prismate quolibet Lentem parvam adhibeas, cujus focus non sit duobus, tribusve pedibus longinquior, imaginem conspicies, satis longam quidem, sed cujus latitudo haud sensibilis existit. Id, quod proposito nostro non minus inservit, quam si posses de proportione longitudinis ad latitudinem ejus accurate judicare. In istis etiam experiendis notetur præterea, quod Lens non debet ita longe post Prisma locari, quin possit ad omnes Radios simul transmittendos extendi, ne imaginem successive per partes tantum observare sis coactus: Et notetur denique, quod si foramen F citra Prisma locaveris, & Lentem deinceps citra foramen istud, ad distantiam majorem ab eo, quam focus Radiorum a foramine *f* longinquiori manantium abest a lente, duplex erit casus, in quo imago in papyrum projecta conspicietur distincta, prout Radii venientes a singulis punctis foraminis F, aut a singulis punctis foraminis *f*, in totidem itidem punctis papyri colliguntur. In uno casu imago erit alba & orbicularis, ut prius (§. 16.) communi; in altero autem, oblonga & colorata, sicut præsens experimentum exigit.

XX.

Magis adhuc promovetur per imaginem Stellæ Veneris.

Jam liquet ex præfatis, quod imaginis PT latitudo semper evadit eo minor, quo foramen longinquum *f* factum est angustius; ut nihil dubitandum sit, quin dicta latitudo prorsus evanesceret, si, vice foraminis istius translucidi, unum dumtaxat punctum ibi lucidissimum existeret: atque istud sic futurum esse confirmatur ex observatione non dissimili, quam habui quondam de Stella Veneris. Cubiculo nempe quaquaversus obturato, excepto foramine paulo plusquam duos digitos lato, ut tenebrosissimum efficeretur. In isto foramine vitrum objectivum Perspicilli septempedalis collocavi, latitudine ejus, ad sufficientem Radiorum copiam transmittendam, duos digitos & amplius, aperta. Deinde, ad distantiam septem pedum papyro transverse posita, in eam vidi Syderis imaginem ad instar puncti lucidi projectam; &, interposito Prismate ad distantiam pedis unius, duorumve, ab ista papyro, per quod Radii trajecti alio refringerentur, pro puncto illo lucido, ad distantiam inde plusquam pedalem, vidi lineolam, licet non valde lucidam, facile tamen conspicuam, & cujus longitudo semissem digiti superavit, latitudo autem fuit, quoad sensum, nulla; saltem haud major, quam ut sentiretur. Atque idem, credo, de Stellis primæ magnitudinis, uti de Sirio, liceat observare; præsertim si Lens adhibeatur quatuor, vel sex digitos lata, ut plures Radios transmittat.

XXI.

Et applicatur descriptioni Refractionis ad Fig. 1. Tab. I. traditæ.

Hoc experimentum, quam bene convenit cum explicatione nostra, quam, de Refractione Radiorum ad eundem angulum incidentium varia, sub initio dedi, operæ pretium videtur adnotare. In *figura prima* supposui complures Radios per eandem rectam in superficiem aliquam refringentem successive delatos esse, ibidemque alios aliis paulo magis, gradatim, refringi. Quod si fieri concipiatur, abunde sequeretur, quod Radii sic refracti, si corpore deinceps opaco quovis, ut papyro, interciperentur,

tur,

Digitized by Google

tur, lineolam ibi lucidam depingerent. Jam, licet Radii a Stella aliqua venientes, non omnes in eadem recta pergant, tamen, quod tantundem est, pro parallelis haberi possunt; &, quod a Lente convexa effecti sunt convergentes, antequam attingant Prisma, hoc adeo non destruit analogiam, ut eam maxime confirmet. Etenim, pro singulis in eadem recta pergentibus, debes tantum concipere tot Radiorum penicillos, qui omnes habeant eundem axem, & idem punctum concursus; & quod illorum penicillorum alii magis aliis a Prismate refringuntur, ita ut eorum puncta concursus, sive Foci, qui prius coincidere, jam singuli cadant seorsim, lineam rectam conficientes. Ac proinde, quod axes penicillorum, qui Radiis, puta, successivis, eousque coincidebant, donec attigere Prisma, ibi per variam Refractionem sint effecti divergentes, ut ad Focos penicillorum in linea recta jacentes pergant.

XXII.

Circumstantia variata eidem descriptioni rursus applicatur.

Si Prisma Stellæ Veneris vicinius, quam Lentem collocaveris, ut Radii per illud trajiciantur primo, & a Lente deinde convergentes fiant, eandem lineolam, ut prius, videbis, licet minus conspicuam & inventu difficiliorem. Jam in hoc specimine, cum Radii omnes adveniant paralleli, si æqualiter refringerentur transeuntes Prisma, manerent postea paralleli, usque dum Lenti inciderent, & in ea proinde sic refringerentur, ut omnes deinceps ad idem punctum pergerent, & sic punctum lucidum conspiceretur. Quare, cum, vice puncti istius, appareat linea, concludendum est, quod omnes Radii non æqualiter refringuntur.

XXIII.

Quod in adductis experimentis Refractiones non casu fiunt inæquales, neque alia causa, quam inæquali Refrangibilitate.

Si jam objiciat aliquis, quod in Refractionibus quidem detur irregularitas, sed eam esse contingentem, & non ex prævia Radiorum dispositione, vel ullis certis legibus ortam; respondeo, quod imago Solis præfata, si Radiis nulla certa lege refractis fieret oblonga, non posset in lineas rectas secundum longitudinem suam distincte terminari, sicut ad (*Figuram quintam Tab. II.*) ostensum est. Quinetiam non omnino deberet esse oblonga; sed, parte ejus media & magis splendida, in morem orbis effingi, sensibilique termino distingui ab erratica Luce debiliori quaquaversum dispersa: perinde ut Sol apparet, cum nubibus pene obscuratur, vel ut ejus imago cernitur, cum trajicitur per laminam vitream parallelis planis terminatam, & halitu, vel fumo leviter obductam, ut Lux inter refringendum paululum conturbetur. Adhæc, si duo Prismata similia ABC & *abc*, (*Fig.* 10., *Tab. III.*) juxta ponantur secundum longitudines suas parallela, cum lateribus planis A C & *ac*, ut & BC & *bc*, parallelis; & si Sol transluceat utrumque in locum Z, ubi corpus opacum Luci directe opponitur, Radiis tamen ejus per orbiculare foramen F prius trajectis, Lux incidens in dictum Z apparebit distincte orbicularis, non secus, quam si directe tenderet ab F, Prismatibus non omnino interpositis. Fatendum est itaque, quod utriusque Prismatis conjunctim Refractiones sunt regulares, & proinde etiam Refractiones alterutrius. Scilicet, Radii illi similiter incidentes, non omnes æque refringuntur in primo Prismate ABC, ut neque in secundo *abc*; tamen, cum ea Refractionis inæqualitas non contingens sit, sed oriatur ex prævia Radiorum dispositione, ideo, licet varii Radii varie refringantur, tamen ejusdem Radii eadem erit Refractionis quantitas in utroque Prismate, & quantum incurvatur a priori ABC,

Digitized by Google

tantum recurvabitur a posteriori *abc*; unde Radius quilibet, utcunque sit refrangibilis, postquam ex utroque Prismate emerserit, sibimet ipsi, cum nondum iis inciderat, fiet parallelus. Atque ideo, cum omnes ad easdem plagas tendant, ad quas libere tenderent, si Prismatibus non interciperentur, necesse est, ut eandem orbicularem imaginem ad Z exhibeant, quam illuc libere tendentes exhiberent. Quod si imago oblonga, per Refractionem unici Prismatis, (ut dictum est,) effecta, figuram suam a Radiis nulla certa lege divaricantibus, sed forte fortuna huc illuc vage refractis, acquireret; cum Refractiones binis Prismatibus geminentur, errores etiam Radiorum duplo plures evaderent, ut & duplo majores; & exinde imago ad Z fieret multo oblongior; quæ tamen, experientia teste, in orbem contrahitur.

Nonnullis forte in suspicionem veniet, quod terminatio Lucis, sive quiescentis medii confinium, diversitatem Refractionis efficiat; sed huic dubitationi in promptu est remedium, efficiendo nempe ut Lux a postica parte Prismatis, (sicut ad *Fig.* 3. *Tab. I.*) solummodo terminetur, ne fiat umbræ confinis priusquam fuerit refracta. Et propterea, ne suspicio sit de varia crassitie vitri, potest Refractio ejus ad varias crassities tentari, promovendo Prisma transverse juxta Lucis ingressum parallelo motu, ita ut Lux primo ad aciem ejus transjiciatur, deinde ad partes crassiores; & in quovis casu persimilis erit Colorum apparitio. Neque multum interest, si foramen, per quod Lux ingreditur, sit latius, vel angustius; nam exinde nihil aliud eveniet, quam Lucis Colores exhibentis augmentatio, vel diminutio, ac tanta dilatatio, vel contractio imaginis, quanta est foraminis.

Experimento duorum parallelorum Prismatum jam ante descripto constat etiam, quod hæc imaginis in longitudinem distractio non oritur ex ejusdem cujusque Radii diffusione, vel distractione in complures divergentes Radios; siquidem illi per iteratam diffusionem, vel distractionem, in transitu per secundum Prisma, tunc resolvi deberent in longe plures & magis divergentes Radios. Quin, & iisdem omnibus objectionibus adversatur experimentum, ubi posterius Prisma non statuitur parallelum anteriori, sed perpendiculariter transversum. Nam in isto casu, si anterius Prisma distraheret imaginem in longitudinem, ob aliam quamcunque causam, quam diversam Refrangibilitatem diversorum Radiorum, tunc posterius Prisma, per transversam Refractionem, distrahere deberet illam oblongatam imaginem in latitudinem, & sic quadrilateram efficeret. Sed experimentum tentanti res secus evenit, imagine scilicet non secundum latitudinem dilatata, sed solum obliquata per majorem Refractionem extremitatis violaceæ, quam rubræ. Quemadmodum videre est ad (*Fig.* 11. *Tab. III.*,) ubi imago PT, per secundi Prismatis Refractionem, transfertur ad *pt*. Ex dictis, opinor, satis superque constat id, quod initio proposui demonstrandum: quoniam autem jucunditatem intellectui, & assensum plerunque firmiorem, harmonia rerum plurium affert, quam unici, licet maxime scientifici, argumenti testimonium; non erit abs re, si in aliud experimentorum genus præcedentibus affinium experturos breviter introducam.

XXIV.

Perstringuntur alia experimenta præcedentibus affinia.

In (*Fig.* 12. *Tab. III.*) sit F foramen valde exiguum, per quod Lumen Solis trajiciatur; deinde, ad distantiam pro lubitu magnam, statuatur Prisma ABC, per quod Radii transeant refracti, prout in prioribus explicui; tum, Oculo pone admoto, circularis foraminis F videbis imaginem TP oblongam, cujus longitudo ad latitudinem collata, tanto major erit, quanto foramen F fiet angustius; & exinde patet, quod Radiorum alii, tendentes ad Oculum per H, quasi manassent a P, sunt magis refracti, quam alii tendentes per I, quasi a T venissent; &, Radiis sic in Ocu-

Oculum non secus ingressis quam si profluxissent ab oblongo spatio P T, necesse est, ut spatium istud longum appareat luminosum.

Sed cavendum est, ne foraminis F tanta sit apertura, ut nimiæ Lucis introitu lædatur Oculus; imo, ne tanta sit, quin ut possis nudo Oculo particulam Solis per foramen istud, quasi punctum lucidum, distincte & absque ulla circumradiatione, transpicere; Verum, si Lumen Solis censeatur nimium huic experiendo, Lumen a nubibus transmissum sufficiat; modo talis sit Oculi tui dispositio, ut foramen, sine Radiis circumcirca superfluis, distinctum cernas, antequam interponas Prisma; alias imaginem ejus non cernes distinctam, neque debita longitudine deductam. Ad hæc, liceat tandem observare, si filum albens interposito Prismate aspicias; etenim filum multo latius apparebit, cum in situ ad longitudinem Prismatis parallelo, quam cum in transverso, statuitur. Ceterum, ut in uno comprehendam omnia, si Stellam fixam primæ magnitudinis, mediante Prismate intuearis, ejus etiam imago conspicietur longa. At, cum Radii Stellarum pro parallelis habeantur, si omnes æque refringerentur, manerent etiam paralleli, postquam egrediuntur e Prismate; &, Oculum sic ingressi, efficerent imaginem omnino similem Stellæ, vel puncto lucido, nullatenus oblongam; perinde ut fit, cum Stella parallelos Radios in Oculum directe mittit. Videbis itaque, quod Radii paralleli, superficiebus planis refracti, fiunt inclinati; unde necesse est, ut inæqualem Refractionem patiantur. In transitu autem notetur, quod Telescopio, si placeat, primum adhibito, tum, ut copia Lucis ad Oculum transmittatur, tum, ut scintillatio, qua Fixæ solent, quasi corona, cingi, minuatur, & Prismate deinceps interposito, videbis albicantem lineam distinctiorem, quam prius, cum latitudine vix, aut ne vix quidem, conspicua. His paucis de Radiorum diversa Refrangibilitate narratis, quorum sensus plenior in sequentibus, ubi de Coloribus agitur, elucescet; restat, ut Refractionum quantitates & mensuræ jam determinentur.

PARS PRIOR.

SECTIO SECUNDA.

De mensura Refractionum.

XXV.

De mensura Refractionis dati generis Radiorum, e quavis Incidentia data.

REfractiones ope angulorum, quos incidentes & refracti Radii cum perpendiculo refringentis plani constituunt, quasi datam rationem habentium, a Veteribus determinatæ fuerant. Quemadmodum si, in *Fig.* 13. *Tab. III.*, I H sit planum refringens, cui linea D C E ad aliquod ejus punctum C perpendiculariter insistit, & in illud C Radius quilibet A C incidat, & refringatur ad R; posito refractum Radium C R in plano A C I jacere, quod refringenti plano perpendiculare est; supposuere Veteres, quod angulus Incidentiæ A C D, angulus Refractionis R C E, & angulus refractus R C F, semper sint in data quadam ratione: vel potius, hypothesin credidere satis accuratam esse, ubi Radii a perpendiculo non multum divaricant. Sic, in vitro statuerunt angulum Refractionis quasi triplum esse anguli refracti. At illa Refractionum æstimatio minus exacta deprehenditur, quam ut pro fundamento Dioptrices debet statui, & *Cartesius* aliam regulam primus * excogitavit,

* Postea *Newtonus* intellexit *Snellium* Refractionis legem primum invenisse, & *Cartesium* suum Theorema a consimili *Snellii* Propositione deduxisse. Vide *Newtoni Principia* in Schol. Prop. XCVI. lib. 1.

Digitized by Google

tavit, qua iſtud exactius determinaretur; ponendo dictorum angulorum ſinus eſſe in ratione data. In *Fig.* 13. *Tab. III.* ſi centro C, & diſtantia qualibet AC, circulus deſcribatur, ſecans Radios præfatos in A & R, & ab iſtis punctis ad plani perpendiculum DCE demittantur normales AD & RE; ipſarum AD & RE proportio erit eadem perpetuo. Cujus rei veritatem Auctor non ineleganter demonſtraſſet, modo de cauſis phyſicis, quas aſſumpſit, nullum dubitandi locum reliquiſſet. Ut, & quoniam inſtrumentis, in iſtum finem accurate inſtructis, examinarunt aliqui, & veritati (quoad ſenſum) exacte convenientem adinvenerunt, non dubitamus pro fundamento ſtatuere; hoc ſolum adhibito moderamine, quod, cum is de quibuslibet Radiis indifferenter affirmarit, quaſi omnium perſimilis fuiſſet Refractio, nos tantum affirmamus de ſingulis eorum generibus ſeorſim ſpectatis; ponendo, quod Radiorum æque refrangibilium ſinus Refractionis ſunt, ut ſinus Incidentiæ. Concipiamus aliquot genera Radiorum ſecundum lineam AC, in *Fig.* 14. *Tab. III.*, eſſe allapſa ad punctum C, ibique refracta per ſuperficiem IH; puta, mediocriter refrangibiles Radios in CR, minime refrangibiles in CT, & maxime refrangibiles in CP, ac innumeros alios, gradibus intermediis plus minus refrangibiles, per totum ſpatium TCP diffuſos eſſe. Jam, ſi ducatur DCG perpendicularis ad planum refringens IH, & centro C, diſtantia quavis AC, circulus, (ut prius,) deſcribatur, ſecans Radios dictos in A, P, R, T; atque ex iſtis punctis demittantur perpendiculares AD, PG, RE, TF, pro ſinubus angulorum ACD, PCG, RCE, TCF; pono, quod, utcunque Radii incidant, tamen ſemper erit AD ad PG in eadem ratione; qua ſemel cognita, regulam habes pro Refractione Radiorum maxime refrangibilium in eandem ſuperficiem ad angulum quemvis incidentium menſuranda: Et ſic ſemper erit AD ad TF in eadem ratione; qua cognita, regulam habes, quacum Refractio minime refrangibilium in quavis Incidentia determinabitur. Atque idem de ratione ipſius AD ad RE, & ad ſinum cujuſvis intermedii generis concipiatur.

XXVI.

De conferendis Refractionibus Radiorum diverſi generis.

Porro autem, cum ſinus PG, RE, TF, ceterique, datam habeant rationem ad ſinum AD, datam quoque rationem inter ſeſe habebunt; atque adeo, ſi, ex unica obſervatione, proportionem ſinuum PG, RE, TF, & reliquorum, ad Radios ex eadem Incidentia refractos pertinentium cognoveris, regulam exinde habebis, quacum ex ſinu Refractionis cujuſvis generis Radiorum, & in iſtam ſuperficiem utcunque incidentium, dato, ceterorum omnium ex eadem Incidentia prolabentium ſinus elicias; licet quænam ſit eorum Incidentia non innotuerit. Quinimo, ſi omnium AD, TF, RE, PG, &c. proportiones inter ſe ſemel cognoſcantur, habito reſpectu ad eadem media refringentia, regulam habes pro ceteris omnibus exquirendis ex unico quovis unquam dato. Itaque, quo rationes iſtorum ſinuum inveſtigentur, convenit, ut in aliquo Radiorum genere proportio ſinus Incidentiæ ad ſinum Refractionis primum exquiratur; deinde, ut proportiones ſinuum Refractionis pro Radiis diverſorum generum, ad eundem angulum incidentium, determinentur.

XXVII.

Ad ſinus Incidentiæ & Refractionis conferendos adhibetur mediocre genus Radiorum.

Ad ſinus Incidentiæ cum ſinubus Refractionis conferendos, commodum erit, ut medium genus eligatur, puta, genus illud Radiorum, qui viriditatem, vel potius,

Co-

Digitized by Google

Colorem viridi & cæruleo intermedium, exhibent. Credo enim illos, qui Refractiones antehac mensuravere, (sive id factum sit, ut jam dicta hypothesis *Cartesii* probaretur, sive aliis de causis,) credo illos, inquam, mensuram instituisse ad medietatem refractæ Lucis; hoc est, si spatium a Coloribus occupatum spectemus, ad confinium viridis & cærulei: Aut, si spectemus quantitatem Lucis, ad medietatem viridis; & præterea punctum illud pro principali Foco Lentium habendum esse videtur, in quod intermedium genus Radiorum convergit. Atque etiam, si quando de Radiis indistincte disserendum est, ut hactenus apud Opticæ Peritos consueverit, genus mediocre commodius, quam extremorum aliquod pro omnibus haberi potest.

XXVIII.

Modus explorandi sinuum istorum rationes.

Porro, cum forte desideretur accuratius examen dictæ regulæ Cartesianæ, quam antehac instituebatur, dum varia Radiorum Refrangibilitas experientes latuit, primo dicam, quo pacto id non incommode fiat. Quoniam fluidi pellucidi superficies refringentes facile possint inclinari ad quemvis datum angulum, quod solido non est concessum, fluida in hunc finem fuerunt adhibita; sed instrumento magis laborioso, quam opus erat, & erroribus forte magis obnoxio, quam si omni apparatu privaretur, dempta trabe, cui vasculum aquæ plenum affigitur. Sit itaque HK, in *Fig.* 15., *Tab. III.* vectis ligneus duas, tresve ulnas longus, aut amplius, satis crassus, ne ob longitudinem & pondus minime inflecti queat, quadrilaterus, rectangulus, & rectus, cum lateribus oppositis exacte parallelis. Tum, lamellæ duæ HI & KL super unum ejus latus ad angulos rectos erigantur; KL proxime ad unam extremitatem, & HI quasi quatuor digitos ab altera distans, quarum longitudo sit trium digitorum, quatuorve; latitudo autem duorum, vel trium. Deinde sumatur vasculum aliquod cylindricum, vel prismiforme CF, duos, tresve digitos latum; longum vero quatuor, vel quinque. Ejus basis super lamellam HI cemento aliquo duro & tenaci figatur, ac in eo situ firmetur ope trabis HK ultra lamellam dictam HI productæ. Tum, trajiciatur ejus fundum in medietate, & lamella simul, parvo foramine F, puta, decima parte digiti lato; & juxta foramen istud in altera lamella notetur punctum R, quod æque distet a trabe, ac dicti foraminis centrum; ita scilicet, ut linea FR, per centrum foraminis ad R ducta, sit parallela longitudini trabis. Denique sumatur lamella vitrea, plana, polita, & uniformiter crassa, eaque applicetur ad planitiem lamellæ HI, vasculo CF obversam, super foramen F; & cemento figatur ita, ut vasculum istud aquæ, (qua repleatur,) non sit pervium; & cum norma aliqua fiat periculum, an illa vitrea lamella perpendiculariter insistat trabi. Quod si non contingat, corrigatur situs, donec sit exacte perpendicularis. In cujus rei gratiam convenit, ut dicta lamella vitrea sit tres, vel, quatuor digitos longa & lata, quo de situ ejus melius judicare liceat. Instrumento hoc sic fabricato, & aqua vasi CF, plusquam ad medietatem ejus, infusa, illud in Radiis solaribus ita statuatur, ut, in superiori superficie aquea refracti, perpendiculariter emergant ad foramen F, rectaque progrediantur versus laminam KL, Rubedine ad T, Purpura ad P, & viridi, vel confinio cærulei & viridis, ad R incidentibus. Convenit autem, ut dicta lamina KL dealbetur, aut albente papyro vestiatur, quo de Coloribus judicium certius feras. Interea vero, cum quadrante aliquo amplo, & exacte fabricato *ekr* quæratur inclinatio trabis HK ad horizontem, & habebis angulum Refractionis *ekr*, & ejus sinum *er*. Tum, Solis altitudo statim inquiratur, ejusque complementum ad 90 grad.; A*k*D erit angulus Incidentiæ, & AD sinus. Quibus sinubus ad invicem collatis, & experimento ad diversas Solis altitudines repetito, constabit, an sinuum ratio semper sit eadem. Quod si velis, ut experimenta varia simul fiant, aut ad minorem Incidentiam, quam sit complementum

tum maximæ altitudinis ſolaris, vice Radiorum a Sole directe manantium, poſſis adhibere reflexos.

XXIX.

Modus explorandi vim refractivam ſolidi cujuſvis aere circumdati.

Cum eandem ſinuum Incidentiæ & Refractionis rationem alicui Radiorum generi, utcunque in eandem quamvis ſuperficiem incidenti, perpetuo competere ſat exploratum fuerit; proponatur exquirere rationem illam, ad ſuperficiem data quælibet media diſterminantem; idque unico experimento. Si aer ſit unum ex datis mediis, & liquor quilibet alterum, inſtrumentum noviſſime deſcriptum non incommode poteſt adhiberi. Sin mediorum alterum ſit ſolidum, res expedite perficitur ad *diagramma* 16. In ejus explicationem præmittantur duo ſequentia Lemmata.

LEMMA I.

In *Fig.* 16. *Tab. IV.*, ſit ABC Priſma ex materia quavis pellucida confectum, cujus axis ſit horizonti parallelus, & perpendicularis ad Radios Solis; & præterea ſit ejus poſitio talis, ut dictos Radios OX æque refringat, ingredientes ad X, & egredientes ad Y. Iſtud autem quo pacto debet fieri, oſtenſum fuit ad §. 10. Jam dico, quod angulus Refractionis ad alterutram refringentem ſuperficiem, ut AC, factæ, ſit æqualis dimidio verticalis anguli priſmatici ACB. Scilicet, ad punctum Incidentiæ X erigatur perpendicularis HX, erit HXY angulus Refractionis ad ſuperficiem AC. Porro, demittatur CI perpendicularis in Radium XY; & iſta biſſecabit angulum YCX, propterea quod triangulum YCX, (ob æqualitatem Refractionis in X & Y,) ſit iſoſceles. Dico itaque, quod anguli HXY, & ICX, æquantur: Nam, ang. AXY = ang. XIC + ICX, (per 32. 1. Elem.) Sed anguli AXH, & XIC ſunt recti; Ergo reſidui HXY, & ICX æquantur. Q. E. D.

LEMMA II.

Ad hæc, ſi Radius incidens OX, & emergens YN indefinite producantur, occurrentes in G; & præterea, ſi recta quævis KL, horizonti parallela, Radiis iſtis interjiciatur, conſtituens triangulum GKL; &, cum refractus Radius YN tendit ſurſum, ſi ſumma angulorum LKX, & KLY ſumatur; aut eorum differentia, cum iſte YN tendit deorſum; Dico, quod illius ſummæ, vel differentiæ dimidium, una cum angulo Refractionis HXY, æquabitur angulo Incidentiæ HXG. Nam, dicta ſumma, vel differentia æquatur angulo NGK, (per 32. 1. Elem.) hoc eſt, angulis GXY + GYX; &, cum triangulum GYX ſit iſoſceles, dictæ ſummæ, vel differentiæ dimidium æquabitur angulo refracto GXY, qui, cum angulo Refractionis YXH, conſtituit angulum Incidentiæ. Q. E. D.

His præmiſſis, Problema propoſitum ſic perficitur. Primo menſuretur angulus verticalis Priſmatis ACB; & ejus dimidium erit angulus Refractionis. Dein, Priſmate in poſitione præfata diſpoſito, per quod Radii trajiciantur ingreſſi foramen F, ope quadrantis MNPQ ampli & accurati, (puta; cujus pinnarum M, & N, diſtantia ſit pedis unius, ad minimum,) exploretur angulus YLK, vel P*k*Q, quem refracti Radii YMN cum horizonte conſtituunt, faciendo, ut mediocriter refrangibiles per pinnas M & N, ad diſtantiam decem, aut viginti pedum a Priſmate, trajiciantur; & ſimul obſervetur Solis altitudo XKL: Qui duo anguli addantur, ſi refracti Radii YMN ſurſum tendant, ſicut in ſchemate deſcribitur; alias, minor ſubtrahatur a majori; & ſummæ, vel differentiæ dimidium, una cum angulo Refractionis prius invento, erit angulus Incidentiæ, ut patet per Lemma ſecundum.

De-

Digitized by Google

Denique, ex angulis Incidentiæ & Refractionis sic datis, dantur eorum sinus. Q. E. F.

XXX.

Exemplum in Refractione cujusdam generis vitri.

Sic, in Prismate quodam vitreo, dimensus sum angulum ejus maximum ACB, & inveni 63 grad. 12 min., cujus dimidium HXY est 31. gr. 36. m., ejusque sinus 5240, posito sinu 90 gr., 10000. Deinde, cum altitudo Solis OKL observabatur esse 14 gr. 4. min., alter angulus MLK, a Radio YN ad medium Viriditatis tendente conflatus, erat 30 gr. 52 m.; quorum summa est 44. 56'., ejusque dimidium YXK 22. 28'., quod, una cum angulo Refractionis HXY facit 54. 4'., angulum Incidentiæ, cujus sinus est 8097. Denique, conferendo sinus jam inventos, ut eorum proportio in minimis terminis haberetur, inveni esse ut 11 ad 17 fere. Quare, pro regula generali statuendum est, quod Radiorum Viriditatem exhibentium sinus Incidentiæ ex aere in vitrum quodvis, æque refractivum ac illud Prisma, sit ad sinum Refractionis ut 17 ad 11.

Haud secus, dimetiendo Refractionem Radiorum, Colorem inter viridem & cæruleum exhibentium, investigatur 45. 8'., pro duplo anguli refracti, cujus dimidium 22. 34'., una cum angulo Refractionis 31. 36'., dat angulum Incidentiæ 54. 10', ejusque sinus 8107, est ad sinum Refractionis 5240, ut 82 ad 53, proxime.

XXXI.

Modi præfati commoditas.

Hujus autem modi commoditas in mensurandis Refractionibus ex eo conjicietur, quod instrumento nullo hic opus est, dempto quadrante, & Prismate, cujus Refractio desideratur; quod Refractionem, dum geminetur, factam ad X & Y exinde certius metiri possis; & quod facillimum sit Prisma in desiderato situ disponere, ut supra ostenditur §. X.: Imo, quod parvus error a situ desiderato fere nihili sit; dum, quoad sensum, haud inde mutabitur angulus refractus MGK, ut experienti patebit. Quippe angulus iste hic minimus est, & quantitatum per motum generatarum, cum maximæ existant, vel minimæ, hoc est, in momento regressus, motus, ut plurimum, sunt infinite parvi. Sic verbi gratia, in *Fig.* 17. *Tab. IV.*, si centro C describatur circulus *l* L *l*, & extra eum sumatur punctum quoddam G, ducaturque GIC, & erigatur normalis GK. Deinde, si concipiatur, quod punctum *l* moveatur uniformiter in illius circuli circumferentia, per quod punctum recta quædam G*l*, circa centrum G rotata, perpetuo transeat; manifestum est, quod, quo major sit angulus CG*l*, sive quo minor angulus KG*l*, eo minor erit motus angularis ipsius G*l*; &, cum angulus CG*l* sit maximus, sive angulus KG*l* minimus, hoc est, in momento regressus, (recta G*l* tunc circulum in L tangente,) motus ejus erit infinite parvus, &, quoad sensum, nullus; parvusque error a puncto contactus L nullam sensibilem variationem in angulis istis KGL & CGL producet. Et ad eundem fere modum, parva convolutio Prismatis haud omnino mutabit angulum MGK, cum iste sit minimus, sive complementum ejus maximum. Quod, si Prisma disponeretur in quovis alio situ, quam hic describitur, (puta, cum Radii perpendiculariter ingressi ad egressum dumtaxat refringuntur,) minimus error ab isto desiderato situ multum mutaret angulum refractum, & sic experientia foret incertitudini & erroribus multo magis obnoxia.

Digitized by Google

XXXII.

Regula de investiganda Refractione mediorum sibi ipsis contiguorum, quorum aeri contiguorum Refractiones cognoscantur.

In majorem hujus rei copiam, quia dantur aliqui casus, ubi Refractiones per modos jam descriptos haud possint mensurari, (ut, cum Refractio fit ex vitro in crystallum, ex aqua in vitrum, vel ex uno liquore in alium,) & nequa omnino sit refringens superficies, cujus Refractio nequit investigari, Problema sequens lubet proponere.

PROBLEMA.

Datis Refractionibus, quas duo media alicui tertio contigua conficiunt, illorum sibi ipsis contiguorum Refractiones invenire.

In *Fig.* 18. *Tab. IV.* sunto duo media proposita A & B, quorum superficiei disterminantis Refractio quæritur; & sit C medium tertium, cujus superficiei, ipsis A & B contiguæ, Refractiones dantur. Sitque sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis ex medio C in medium A, sicut I ad R; & sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis ex eodem medio C in alterum medium B, sicut j ad r; Dico, quod sit $I \times r$, ad $R \times j$, ut sinus Incidentiæ, ad sinum Refractionis ex medio B in medium A.

Verbi gratia, si proponatur investigatio Refractionis ex aqua in vitrum, data Refractione ex aere in utrumque; sitque sinus Incidentiæ ex aere in vitrum ad sinum Refractionis, ut 17 ad 11; & sinus Incidentiæ ex aere in aquam ad sinum Refractionis, ut 4 ad 3. Quare, sinus istos multiplicando reciproce, erit ut 17 x 3 ad 11 x 4, sive ut 51 ad 44, ita sinus Incidentiæ ex aqua in vitrum ad sinum Refractionis. Et sic, cognita Refractione ex aere in quævis alia media proposita, possis adipisci eorum Refractionem inter se, & e contra.

XXXIII.

Regulæ ejus DEMONSTRATIO.

Ceterum demonstratio hujus non est omittenda, in quem finem præsternatur Lemma sequens. Si media duo proposita A & B, in *Fig.* 18. *Tab. IV.*, concipiantur esse planis parallelis terminata, contigua, & dicto medio tertio, (puta, aere,) circumdata, & Radius quilibet ON, oblique incidens ad N, refringatur primo ad M, ac deinde ad L, & emergens pergat ad K. Dico, Radium incidentem ON sibi emergenti LK parallelum esse: Cujus quidem assertionis veritas experientia patet. Etenim ponatur medium A esse vitrum, & medium B esse aquam; mediumque tertium circumdans esse aera: Et laminæ vitreæ A superficies r M R tenuiter illinatur aqua B, & statuatur parallela ad horizontem, ut aqua consistat uniformiter crassa. Quo facto videbis, quod Radii, per utrumque medium A & B trajecti, tendent ad easdem plagas, versus quas tenderent a Sole directi.

Præmisso hoc, erigantur i N r, H M G, & R L I, perpendiculares ad refringentia puncta N, M, & L; est ergo j ad r, ut sinus anguli O N i ad sinum anguli M N r, sive N M H; &, multiplicando rationem antecedentem per I, fiet $I \times j$ ad $I \times r$, ut sinus ipsius O N i ad sinum ipsius N M H. Porro est I ad R, ut sinus anguli K L I, sive O N i, ad sinum anguli M L R, sive L M G; &, multiplicando rationem antecedentem per j fiet $I \times j$ ad $R \times j$, ut sinus anguli O N i ad sinum ipsius L M G. Jam, permutando terminos utriusque proportionis, fiet $I \times j$ ad

Digitized by Google

ad fin. O N i ut *I* x *r* ad fin. N M H; & *I* x *j* ad fin. O N i ut *R* x *j* ad fin. L M G. Quare, ex æqualitate rationis, eft *I* x *r* ad *R* x *j* ut fin. N M H ad fin. L M G. Q. E. D.

XXXIV.

Modus dimetiendi Refractiones folidorum ad fluida accomodatur.

Ex hifce fic oftenfis, Problema non inutile proficifcitur, quo Refractiones fluidorum eodem modo metiri poffis, ac de folidis oftenfum eft ad *Fig.* 16., non adhibito inftrumento H L K, quod in *Fig.* 15. defcribitur. Scilicet, ex laminis vitreis, in morem cunei connexis, vafculum prifmiforme conficiatur, cujus acies, five angulus verticalis, fit grad. 80, circiter, vel 90. Iftius autem anguli quantitatem exactiffima menfura cognitam habebis, ejufque dimidii finum pro finu Refractionis femper ftatues. Quo peracto, cum liquoris alicujus vis refractiva defideratur, vafculum cum illo liquore impleatur, & in tali fitu difponatur, ut acies ejus a concurfu refringentium planorum conftituta, fit parallela ad horizontem, & perpendicularis ad Radios folares, atque ut illi Radii, per præfata refringentia plana trajecti, Refractiones ad ingreffum & egreffum æquales patiantur. Et ope quadrantis, ut oftenfum erat ad *Fig.* 16., exploretur angulus Incidentiæ, cujus finus ad præfatum finum Refractionis erit, ut finus Incidentiæ ad finum Refractionis ex aere in liquorem propofitum.

XXXV.

Refractio aquæ, prout ipfe dimenfus fum, in fpecimen ejus rei adducitur.

Inftantiæ gratia, quo aquæ Refractionem cognofcerem, curavi, ut Prifma ligneum conficeretur, quale eft A B *c*, in *Fig.* 19. *Tab. IV.* cujus ille angulus A C B, quem pro verticali defignabam, foret rectus, ceterique duo femirecti; & effeci, ut refringentia plana A *c*, & B *c*, per meditullium trajicerentur foramine F, parallelo ad bafem A *b*, per quod foramen Lux itura effet; & ut tertium planum A *b* foderetur in G, ufque dum aditus ad foramen F tranfverfe pertingeret. Dein, fumptis duabus ex vitro lamellis, quas fpeculum confractum mihi fubminiftravit, unam D E fuper meditullium plani B *c* cæmento fixi, & alteram fuper meditullium alterius plani A *c*, ut meatus F utrinque clauderetur. Tum, aquam pluvialem per orificium G in excavatum fpatium infudi, & cum operculo ex fubere concifo claufi. Atque adeo aqua, duabus vitreis lamellis ad angulum rectum inclinatis interjecta, vices fubibat aquei Prifmatis habentis angulum rectum. Eas autem laminas rectum angulum exacte comprehendere ex applicatione normæ cognovi; cujus ideo dimidium, grad. 45, pro angulo Refractionis habendum eft. (Lem. 1. §. XXIX.) Hoc Prifma dein ita ftatuebam ad ingreffum Lucis in obfcurum cubiculum, ut eadem foret utrinque Refractionis quantitas; &, ex altitudine Solis, & refractorum Radiorum. Viriditatem exhibentium inclinatione ad horizontem, inveni angulum refractum effe 51. 16'., cujus dimidium 25. 38'., una cum angulo Refractionis 45, dabit angulum Incidentiæ 70. 38'. Horum vero angulorum 70. 38', & 45, finus funt 9434, & 7071, refpectu finus 90 grad., feu 10000; quorum quidem numerorum ratio eft paulo minor, quam *Cartefiana* 250 ad 187, & paulo major, quam 4 ad 3, nempe 4, 002 ad 3; quæ tamen, a ratione $\frac{4}{3}$, tam parva differentia recedit, ut error fuit infenfibilis, fi pofuerim effe, ut 4 ad 3; idque maxime, cum aquæ Refractio non perpetim eadem maneat, fed a caloris viciffitudine nonnihil patiatur, variofque denfitatis gradus induat: Quod idem & aeri circumdanti contingit, qui a vaporibus etiam non folum varie incraffatur, fed & arctius, (aucta atmofphæræ gravitate,)

 vel

Digitized by Google

vel laxius comprimitur. Adde, quod aquarum, ex diversis terrarum regionibus scaturientium, aut, vi Solis, in vapores & pluviam deinde conversarum, diversæ sint densitates, & internæ dispositiones ad refringendum, ortæ ex variis mineralium tincturis, quas e locis subterraneis extrahunt, & exhalationibus varie crassis & copiosis, quæ simul cum vaporibus in altum attolluntur.

XXXVI.

Præfatorum DEMONSTRATIO.

Problematis hujus, de Refractionis fluidorum mensura, sic soluti veritas constabit ex ostenso, quod Refractionis in hoc Prismate, ex aqua & vitris composito, eadem sit quantitas, quæ foret, si vitrum tolleretur, & aqua sola maneret aere circumdata. Sit itaque ABC Prisma, in *Fig.* 20., *Tab. V.*, confectum ex laminis vitreis A C *f d*, & B C *f e*, (ut dictum est,) & aqua *d f e* repletum. Et concipiatur, quod DEF sit aqueum Prisma, immediate circumdatum aere, & omnino simile aquæ *d e f* circumclusæ vitro, similiterque positum; & incidant Radii paralleli ON, OX, in utrumque; quorum alter ON, refractus in N, M, L, & K, tendit ad H; alter vero OX, refractus in X, & Y, tendit ad Z. Dico jam, quod emergentes KH, & YZ, erunt paralleli; atque adeo, quod, in utroque Prismate, tota Refractionum quantitas erit eadem. Etenim, in *Fig.* 18., *Tab. IV.*, si Radius *o m* ipsi O N parallelus incidat in vitream laminam A, emergatque in *l k*, notum est, quod Radius *l k* erit parallelus ipsi *o m*, hoc est, ipsis O N & L K; &, cum *l k* & L K sint paralleli, erunt etiam *m l* & M L paralleli. Unde liquet propositum, quod quantitas Refractionis, ex aere in medium quodvis propositum, sit eadem, sive Radii immediate ingrediantur istud medium ex aere, (ut fit ad *o m l*,) sive prius permeent aliud medium interpositum & parallelis planis terminatum, (uti fit ad ONML,) & e contra. Atque idem intellige, cum, vice aeris, aliud quodpiam adhibetur medium. Quare, in *Fig.* 20., *Tab. V.*, cum paralleli Radii OX & ON incidant in Prismata DFE & ACB similia & similiter posita, Refractionis quantitas ex aere in aquam erit eadem, sive Radii immediate intrent, ut videre est ad DEF, sive prius permeent lamellam vitream A *d f* C; hoc est, Radius X Y semel refractus erit parallelus M L bis refracto; &, ob eandem rationem, cum XY & ML sint paralleli, Radii emergentes Y Z & K H erunt etiam paralleli. Quare, cum Radii incidentes & emergentes sint paralleli, Refractio tota Prismatis utriusque erit eadem. Atque adeo, cum aqueum Prisma aeri contiguum, propter aquæ fluiditatem, fabricari nequeat, ejus vice liceat adhibere vitreum Prisma cum aqua repletum. Q. E. D.

Et sic modus generalis, quo Refractiones ex aere in quælibet media proposita determinentur, ostensus est; facillimus quidem & erroribus minime obnoxius; præsertim, si angulus Prismatis sit magnus & exacte cognitus, quadrans magnus & accuratus, & observatio facta longe post Prisma, ubi Colores multum dilatati facilius distinguuntur. Et præterea, cum Refractiones inter aerem & media proposita sic experientiis determinantur, indicata est regula, (§. XXXII.,) qua mediorum eorundem sibi ipsis contiguorum Refractiones eliciantur. Quod satis est, in gratiam primi casus, de Refractionibus dimetiendis, cum in eodem quopiam Radiorum genere proportio sinus Incidentiæ & Refractionis quæritur, ostendisse.

XXXVII.

Digitized by Google

XXXVII.

Radiorum diversi generis Refractiones conferuntur, & maximæ Refrangibilitatis differentia investigatur.

Prosequendus est jam alter casus, ubi heterogeneorum Radiorum Refractiones conferendæ sunt. Quod autem sinus Refractionis cujusque Radiorum generis sit ad sinum Incidentiæ in data quadam ratione, experiri possis dimetiendo Refractiones singulorum insigniorum generum, juxta varias obliquitates in medium aliquod refringens seorsim incidentium, veluti in aquam (ad *Fig.* 15. *Tab. III.*) in vase stagnantem, vel in Prismata vitrea, quorum diversæ sint quantitates angulorum verticalium. Nam, per unum Prisma proportiones sinuum ad singula Radiorum genera investigare possis, prout ostenditur ad *Fig. 16.*, *Tab. IV.*, deinde per alia Prismata, (vel ejusdem Prismatis alios, seu minores, seu majores, angulos,) exquirere, an eædem proportiones in aliis obliquitatibus obveniant. Atque ita (observationibus accuratissime factis) simul constabit, Refractiones cujusque generis Radiorum secundum certas rationes sinuum peragi, & istorum sinuum rationes innotescent. Impræsentia vero, cum eandem esse cujusque Radii Refractionem cognoverim, sive heterogeneis Radiis, (ut in Lumine Solis nondum refracto,) commistus incidat, sive ab heterogeneis prius separetur: ostendam, quomodo per Refractionem immediati Luminis solaris hæ proportiones obtineri possint, imprimis determinando proportiones sinuum Refractionis inter se respectu ejusdem Incidentiæ, ac deinde cum communi sinu Incidentiæ conferendo. Et, quoniam de intermediis Radiorum generibus facile esset judicium ferre, si modo Refractiones extremorum essent cognitæ, satisfecero, si Radios maxime omnium refrangibiles cum minime refrangibilibus comparavero. Itaque, in *Fig.* 21., *Tab. V.*, sit A B C Prisma vitreum ita positum, ut Radii, tum ingredientes, tum egredientes, eandem quantitatem Refractionis, ut prius, patiantur. Dies autem seligatur splendidus, & cubiculum esto valde obscurum, ut Colores usque ad ultima, quæ occupent, spatia distincte satis videri possint. Tunc ad distantiam viginti pedum, aut amplius a Prismate, Radii excipiantur in papyrum aliquam directe obversam, & spatii a Coloribus illuminati, (ut PT,) longitudo & latitudo mensuretur. Sic, Prismate adhibito, cujus angulus verticalis A C B fuit 63. 12′, & latitudine foraminis Radios intromittentis existente quarta parte digiti, ad distantiam X P, vel X T, 22 pedum, inveni maximam longitudinem imaginis P T esse $13\frac{1}{4}$ dig., circiter, & latitudinem $2\frac{1}{8}$ dig. Jam, si latitudo hujus imaginis ab ejus longitudine subtrahatur, manebit $10\frac{1}{8}$ digiti pro longitudine, quam habere debuisset, si Solis discus, (& foraminis F diameter,) fuisset infinite parvus; hoc est, si Radii advenissent omnes in eadem recta O F. Ista itaque linea $10\frac{1}{8}$ dig. subtendit angulum, quem Radii duo similiter incidentes per inæqualitatem Refractionis constituunt, quorum alter maxime omnium similiter incidentium, & alter minime omnium refringitur, qui proinde angulus ex calculo reperitur 2, 18′. Verum, cum angulus iste bina Refractione ad X & Y conficiatur; & præterea, cum utraque supponatur æqualis, calculus ad hoc negotium satis accuratus ex unica tantum Refractione poterit institui, puta, quæ conficitur ad latus BC. Etenim, si verticalis angulus A C B plano DC bissecetur, & alterum Prismatis dimidium DCB, vel DCA, concipiatur tolli, Refractio ad alterum dimidium facta, Radiis oblique incidentibus in A C, & perpendiculariter emergentibus e latere DC, vel perpendiculariter incidentibus in latus DC secundum unicam lineam quandam X Y, & oblique emergentibus e latere BC: Refractio, inquam, sic ad alterum dimidium facta, foret semissis Refractionis ad integrum Prisma, si modo unicum quodpiam Radiorum mediocriter refrangibilium genus spectetur. Quinetiam, si cetera omnia Radiorum genera simul spectentur,

Digitized by Google

tur, assertio illa, licet non amplius sit absolute vera, tamen veritati tam proxime accedet, ut, quoad sensum & calculum mechanicum, pro vera habeatur. Quamobrem, cum Refractionis utriusque ad X & Y peractæ computatio geometrica ægrius institui possit, illud, more ad praxin magis accommodato utut mechanico, perficere non verebor; confisus id mihi vitio verti non debere, si, dum computationes rebus physicis adhibeo, minutias, quæ operam moleste & sine fructu producerent, missas faciam. Refractionem itaque ex unica tantum parte Prismatis perpendam; &, quoniam omnes Radii, demptis mediocriter refrangibilibus, a dimidio A C D bis deberent refringi, & semel tantum ab altero dimidio D C B, perpendiculariter ingressi latus planum DC secundum lineam XY; itaque in dimidio D C B fiat calculus, hoc est, ad latus planum B C. Supposito, quod omnibus Radiis secundum eandem lineam X Y allapsis, angulus, quem maxime refrangibiles cum minime refrangibilibus, postquam refringerentur a latere B C, constituerent, foret dimidium anguli P Y T; hoc est, 1. 9′. Jam, cum angulus Incidentiæ Radii X Y, ex præmonstratis, sit 31. 36′.; & angulus Refractionis mediocris 54. 10′.; transferantur hæc omnia in *schema* 22. *Tab. V.* ponendo, quod C B sit superficies disterminans medium vitreum versus A, & aereum versus F, & quod angulus Incidentiæ X Y H sit 31. 36′.; eritque angulus Refractionis R Y F 54. 10′.; & angulus P Y T, 1. 9′ differentia nempe Refractionis inter maxime refrangibiles Y P, & minime refrangibiles Y T. Qui angulus a Radio Y R mediocriter refracto, & confinium cærulei & viridis occupante, bissecatur. Ac proin angulus P Y R, vel R Y T, erit $34\frac{1}{2}$ min., dimidium totius P Y T. Adeoque, angulus P Y E 54 grad. $44\frac{1}{2}$ min., & angulus T Y E 53 grad. $35\frac{1}{2}$ min., & eorum sinus P G ac F T erunt 81656 & 80481, quorum proportione ad simpliciores numeros redacta, erit P G ad T F ut $69\frac{1}{2}$ ad $68\frac{1}{2}$, circiter. Ad hunc modum experimenta & calculum cum sæpius instituerim, horum sinuum proportiones inter terminos 67 ad 66, & 72 ad 71, semper obvenerunt; sed, ut plurimum, incidi in proportiones 69 ad 68, $69\frac{1}{2}$ ad $68\frac{1}{2}$, & 70 ad 69, quarum tantilla est differentia, ut parvi intersit quænam adhibeatur.

XXXVIII.

Illarum Refractionum sinus ad communem sinum Incidentiæ conferuntur.

Ratione sinuum Refractionis pro extremis Radiorum similiter incidentium generibus sic inventa, eorum computatio ad sinum Incidentiæ simul innotescit; quippe, qui paulo ante inventus est 52400, &, conferendo hunc 52400 ad sinus 81656 & 80481, eorum ratio in minoribus numeris reperietur $44\frac{1}{2}$ ad $69\frac{1}{2}$, & $68\frac{1}{2}$; aut $44\frac{1}{4}$, ad 69, & 68 fere. Refractionibus nempe ex vitro in aere peractis.

XXXIX.

Radiorum, ad oppositas partes ejusdem refringentis superficiei incidentium, sinus sunt reciproce proportionales.

Quod si Radii è contra ex aere in vitrum similiter incidant; proportiones sinuum nullo negotio ex jam inventis eruuntur, utpote quæ sunt reciprocæ. Sit I communis sinus incidentiæ e vitro in aerem; P sinus Refractionis maxime refrangibilium Radiorum; R mediocriter refrangibilium; & T minime refrangibilium. Dico, quod ex horum reciproce proportionibus, (si $\frac{1}{I}$ ponatur esse sinus Incidentiæ

ex

Digitized by Google

ex aere in vitrum,) erit $\frac{1}{P}$ ſinus Refractionis maxime refrangibilium Radiorum; $\frac{1}{R}$ ſinus Refractionis mediocriter refrangibilium; ac $\frac{1}{T}$ minime Refrangibilium. Nam, cum ſinus Incidentiæ Radii maxime refrangibilis e vitro in aerem ſit I, & ſinus Refractionis P, Radii ejus, ex aere in vitrum per eaſdem lineas retroacti, ſinus Incidendiæ erit P, & ſinus Refractionis I; ſiquidem jam Radius eſt incidens, qui prius fuerit refractus. Eſt ergo ſinus Incidentiæ Radii maxime refrangibilis, ex aere in vitrum utcunque incidentis, ad ſinum Refractionis, ut P ad I, hoc eſt, (applicando terminos rationis ad P,) ut 1 ad $\frac{I}{P}$; hoc eſt, (applicando ad I denuo) ut $\frac{1}{I}$ ad $\frac{1}{P}$: Et ſimili argumento conſtabit ejuſmodi ſinus Radii mediocriter refrangibilis eſſe, ut $\frac{1}{I}$ ad $\frac{1}{R}$; & ſinus minime refrangibilis, ut $\frac{1}{I}$ ad $\frac{1}{T}$. Liquet ergo, quod, poſito $\frac{1}{I}$ communi ſinu Incidentiæ, erunt $\frac{1}{P}$, $\frac{1}{R}$, & $\frac{1}{T}$, ſingulorum generum, reſpective, ſinus.

XL.

Illuſtratur Refractio vitri.

Rem numeris illuſtro. Cum $44\frac{1}{4}$ ad *69*, & *68*, ſit ratio ſinus communis Incidentiæ ad ſinus maxime diſcrepantium Refractionum e vitro in aerem: ſinus Incidentiæ communis, ad ſinum Refractionis ex aere in vitrum erit, ut $\frac{1}{44\frac{1}{4}}$ ad $\frac{1}{69}$, & $\frac{1}{68}$, ſive $\frac{69 \times 68}{44\frac{1}{4}}$ (= 106 fere) ad *68*, & *69*. Hoc eſt, pro Radiis maxime refrangibilibus ſinus Incidentiæ ad ſinum Refractionis ut 106 ad *68*, & pro minime refrangibilibus, ut 106 ad *69*.

XLI.

E Refractionibus extremorum generum facile eſt de intermediis conjecturam facere.

Hiſce ſic determinatis, rationes ſinuum pro Radiis intermediis facile determinantur ex cognitis Colorum diſtantiis, quas in imagine colorata obſervant. Sic, Radii, qui ad cæruleum paulo magis, quam ad flavum vergunt, cum in mediam imaginem cadant, intermediam rationem ſinuum $44\frac{1}{4}$ ad $68\frac{1}{2}$, vel 106 ad $68\frac{1}{2}$, circiter, habebunt, & ſic de aliis.

XLII.

THEOREMATE *oſtenditur, quomodo e Refractionibus Radiorum heterogeneorum ad vitrum, vel quodvis medium, inter ſe determinatis, poſſunt etiam ad alia qualibet media aeri contigua Refractiones, ſine novis experimentorum moleſtiis, inter ſe determinari.*

Ad eundem modum, quo Refractiones ad vitrum determinatæ ſunt, id ipſum poſſet fieri ad alia media; ſed e re erit, ut regulam jam oſtendam, qua Refractio-num

Digitized by Google

num istarum mensuræ ex sinubus earum, sic ad vitrum determinatis, possunt determinari ad quodlibet aliud medium propositum; idque licet istud sit alii medio, quam aeri contiguum. In *Fig.* 23. *Tab. V.* Sit A B superficies terminans aerem ex parte F, & vitrum ex parte G; ad cujus aliquod punctum X ducatur linea F X G ei perpendiculariter insistens; & præterea concipiatur rectam I X ad angulum I X A, infinite parvum duci, secundum quam omnes omnium formarum Radii supponantur incidere, & in X refringi, puta, maxime refrangibiles versus P, mediocriter refrangibiles versus R, & minime refrangibiles versus T, aliosque intermedios versus intermedias plagas. Porro, ducatur linea quævis G H parallela ad lineam Incidentiæ I X, hoc est, perpendicularis ad F G; ea vero secet Radios in punctis P, R, & T, a quibus demittantur P C, R D, ac T E perpendiculares ad refringentem superficiem A B. His ad vitrum sic determinatis ac descriptis, si aliud quodvis medium in locum vitri jam concipiatur substitui, ceteris stantibus, & Radii alicujus mediocriter refrangibilis, secundum lineam I X incidentis ad X, refractus X *r* ducatur secans rectam D R in *r* (Quod fieri suppono, siquidem modum, quo mediocriter refrangibilium Refractiones ad media quælibet investigari possunt, antehac exposui) Dein per punctum *r* ducatur recta *p t* secans lineas C P, & E T, in *p*, & *t* perpendiculariter, junganturque *p* X, & *t* X. Dico, quod Radii maxime refrangibiles, secundum dictam lineam I X incidentes, refringentur in lineam X *p*, & minime refrangibiles in lineam X *t*, radiique, cujusvis speciei, quos vitrum refringebat, ad quodlibet punctum P T, illi ad correspondens punctum rectæ *p t* per alterum dictum medium refringentur, quod pro vitro supponitur substitui; istis punctis linearum P T, & *p t* habitis pro correspondentibus, per quæ recta quævis parallela ipsi D R transit. Patet itaque modus, quo Refractiones quorumvis Radiorum, ex aere in quodlibet medium propositum obliquitate maxima incidentium, determinari poterunt, cognita unici tantum Radiorum generis in istud medium Refractione; & proportionibus sinuum ex obliquissima ista Refractione determinatis, eorundem Radiorum Refractiones dabuntur ad quamlibet aliam datam Incidentiam.

XLIII.

De Theorematis illius certitudine.

Hujus quidem Theorematis certitudinem ab experimentis nondum habeo deromptam; sed, cum a veritate vix multum discrepare videatur, nihil veritus sum in præsentia gratis assumere. Posthac forte, vel experientia confirmabo, vel, si falsum invenero, corrigam.

XLIV.

De proportione quarumdam linearum, quæ computo per hoc Theorema instituendo inserviat.

Calculum quod attinet, is facile potest institui ex hac proportionalitate, quod sinus Incidentiæ Radii I X, (hoc est, sinus 90 grad.,) sit ad sinum Refractionis, (puta, quæ facta sit in lineam X R,) sicut X R ad R G. Sic ad vitrum, erit X R. R G : : 106. $68\frac{1}{2}$, & X P. P G : : 106. 68, & X T. T G : : 106. 69; & inde deducetur, quod G P. G R. G T : : 39. $39\frac{1}{2}$. 40. Quæ proportiones semel inventæ possunt in eum finem asservari, ut earum ope Refractiones ad alia media, quam vitra, determinentur. Nam, quolibet medio proposito, sumatur X E = 40, D E = $\frac{1}{2}$, & C D = $\frac{1}{2}$, atque perpendicula C P, D R, E T erigantur. Tunc, ex data sinuum Refractionis Radiorum mediocriter refrangibilium proportione, hoc est, ex data proportione ipsius X *r* ad X D, dabitur punctum *r* & longitudo

Digitized by Google

do D r, cui æquales sunt C p & E t : punctisque p ac t sic datis, dantur rationes ipsarum X p & X C, hoc est, sinuum Incidentiæ & Refractionis pro Radiis maxime refrangibilibus; ut & rationes ipsarum X t & X E, hoc est, sinuum Incidentiæ & Refractionis pro Radiis minime refrangibilibus. Sic, pro superficie aquam & aerem disterminante, sinus isti sunt ut 68 ad 90, pro minime refrangibilibus; & ut 68 ad 91, pro maxime refrangibilibus, proxime.

XLV.

THEOREMA *aliud ad idem peragendum.*

Proportionibus linearum X C, X D, & X E sic inventis, mensura Refractionum, ex aere in medium quodvis propositum & ad quamlibet Incidentiam factarum, per aliud insuper Theorema non inelegans determinari potest. In linea F X, (*Fig.* 24. *Tab. VI.*) ad refringens planum A B perpendiculari, sumatur punctum aliquod F, quod lucidum fingatur; ac ducatur quælibet F d secans A B in d, eaque concipiatur esse mediocriter refrangibilis Radius, cujus refractus ex aere in medium propositum esto d M, qui retroductus secet F X in f. Porro fiat F d. F e : : X D. X E, (: : $39\frac{1}{2}$. 40;) & F d. F c : : X D. X C, (: : $39\frac{1}{2}$. 39;) centroque F, & intervallis F e & F c describantur circuli secantes A B in e & c; junganturque F e, F c, f e, f c, & producantur f e & f c indefinite versus N & L. Dico jam, si Radius minime refrangibilis incidat secundum lineam F e, quod iste refringetur in lineam e N; & si maxime refrangibilis incidat secundum F c, quod ille refringetur secundum c L; & sic Radii quorumlibet intermediorum generum manentes a puncto F, & in puncta sibi correspondentia, inter c & e, incidentes, ita refringentur a medio proposito, quasi manassent omnes a puncto f; istis punctis inter C & E, atque c & e, habitis pro correspondentibus, quorum distantiæ ab X & F respective, sunt in eadem ratione cum D X & d F. Cujus Theorematis demonstrationi præsternantur duo Lemmata sequentia.

XLVI.

Ad ejus Theorematis demonstrationem

LEMMA I.

Duobus punctis c, d, in linea quapiam A B, (*Fig.* 24. *Tab. VI.*) sumptis; & aliis duobus f, & F, in ejus perpendiculo F X; junctisque f d, F d, f c, & F c, differentia quadratorum a duobus f d, & F d, concurrentibus ad d, æquabitur differentiæ quadratorum ab aliis duobus f c, & F c, concurrentibus ad c. Nam, cum f d q = f X q + X d q; & F d q = F X q + X d q; erit differentia f d q − F d q = f X q − F X q; &, ob eandem rationem erit differentia f c q − F c q = f X q − F X q. Quare dictæ differentiæ, sic æquales eidem tertio, sunt æquales inter se. Q. E. D.

XLVII.

LEMMA II.

Si Radius aliquis F G, (*Fig.* 25. *Tab. VI.*) incidat in superficiem A B, & refringatur versus H; linea G H retroducta, ut secet perpendiculum F X in f, dico, quod f G ad F G est ut sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis. Et e contra, si f G ad F G sit ut sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis, erit f G H refractus ipsius

Digitized by Google

FG. Etenim sumatur ſK = FG, & demittatur KL perpendicularis ad FX; quo facto, cum angulus GFX æquetur angulo Incidentiæ, & angulus G ſ X angulo Refractionis, erit GX ſinus Incidentiæ, & KL ſinus Refractionis, (habito reſpectu ad circulum, cujus ſemidiameter ſit FG, vel ſK,) ſed ſG. ſK: : GX. KL; hoc eſt, ſG. FG: : GX. KL. Q. E. D.

XLVIII.

DEMONSTRATIO.

His præmiſſis, Theorema propoſitum ſic demonſtratur. In *Fig.* 24. *Tab. VI.* ducatur IX obliquiſſima linea, ſecundum quam Radii omnium formarum ex aere ad X incidere ponantur, & in medium propoſitum refringi; mediocriter refrangibiles verſus *r*; maxime refrangibiles verſus *p*; & minime refrangibiles verſus *t*; eoſque lineæ ad puncta D, C, & E normaliter erectæ ſecent in punctis *r*, *p*, ac *t*, ut explicabatur ad *Fig.* 23. Jam, cum iſtorum Radiorum ſinus Incidentiæ & Refractionis ſtatuantur eſſe, ut X*r* ad XD; X*p* ad XC; & X*t* ad XE, reſpective; ſi præterea demonſtratum fuerit, quod ſ*d* ad F*d*; ſ*c* ad F*c*; & ſ*e* ad F*e*, reſpective, ſint in eadem ratione, (hoc eſt, quod ſ*d*. F*d*: : X*r*. XD: : ſinus Incidentiæ ad ſinum Refractionis Radiorum mediocriter refrangibilium; & ſ*c*. F*c*: : X*p*. XC: : ſinus Incidentiæ ad ſinum Refractionis Radiorum, maxime refrangibilium,) conſtabit propoſitum ex Lemmate ſecundo. Et, mediocriter refrangibiles quod attinet, cum ſ*d* ſupponatur refractus ipſius F*d*, erit (per Lemma ſecundum) ſ*d* ad F*d*, ut ſinus Incidentiæ ad ſinum Refractionis, hoc eſt, ut X*r* ad XD. Sed eadem proportionalitas in ceteris Radiorum generibus jam demonſtranda proponitur, puta, quod ſit ſ*c*. F*c*: : X*p*. XC. Scilicet eſt F*c*. F*d*: : XC. XD; ut & F*d*. ſ*d*: : XD. X*r*, per hypotheſin. Quare, permutando & connectendo rationes æquales, eſt F*c*. XC: : F*d*. XD: : ſ*d*. X*r*; & quadrando F*c*q. XCq: : F*d*q. XDq: : ſ*d*q. X*r*q; diminuendoque per terminos æqualis rationis, F*c*q. XCq: : ſ*d*q — F*d*q, (ſive, per Lemma 1., ſ*c*q — F*c*q,) X*r*q — XDq, (ſive C*p*q); &, augendo per terminos æqualis rationis, F*c*q. XCq: : ſ*c*q. C*p*q + XCq (X*p*q); denique, terminorum radices extrahendo, permutandoque, eſt ſ*c*. F*c*: : X*p*. XC. Quare ſ*c*, ſive *c*L, eſt refractus ipſius F*c*, per Lemma ſecundum. Q. E. D.

Et eodem argumento patebit, quod *e*N ſit refractus Radii F*e*. Deque aliis Radiis, pro variis Refrangibilitatis gradibus intermedia ſpatia varie occupantibus, idem intelligendum eſt.

XLIX.

Heterogenearum Refractiones, a ſuperficiebus aeri neutra ex parte contiguis, Theoremate *etiam determinantur.*

De Refractionibus ſuperficierum aeri contiguarum menſurandis hæc ſatis; quod ſi deſideretur id ipſum ad alias ſuperficies aeri ex parte neutra contiguas fieri, ſunto (in *Fig.* 26., *Tab. VI.*) ABbH, & *abnm*, duo quælibet media ſecundum planam ſuperficiem H*b* contigua, & aere circumdata; ſitque AB planum ipſi H*b* parallelum; & in eo ſumatur punctum X; ad quod ducatur XV perpendicularis, & IX obliquiſſima linea, ſecundum quam, (ut jam ante,) Radii omnium formarum incidant, &, pro gradu Refrangibilitatis, refringantur ad P, R, & T, aliaque intermedia loca. Horum Radiorum, in propoſitam ſuperficiem *ab* ſic incidentium, Refractiones jam quærantur; &, cum Refractiones mediocriter refrangibilium ad quaslibet ſuperficies fuerint antehac expoſitæ, Radii XR ſit refractus RM, & is retroducatur, donec ſecet perpendiculum XV in ſ; & inſuper ducantur ſP, ſT,

& pro-

Digitized by Google

& producantur ad L & N. Dico, quod P L erit refractus ipsius X P, ac T N ipsius X T, atque omnes aliarum formarum Radii incidentes inter P ac T ita refringentur, ut postea divergant a puncto *f*. Concipiatur enim, quod medium *a b n m* longius, versus *a m*, producitur quam medium A B *b* H, ita ut ejus plani *a* H *b* pars inter H, & *a* sit aeri contigua; & ad aliquod in eo punctum F ducatur perpendicularis F *g*, nec non obliquissima linea *i* F, secundum quam Radii omnium formarum incidant, &, pro gradu Refrangibilitatis, refringantur ad *p*, *r*, *t*, locaque intermedia, perinde ut effectum erat ad alterius medii superficiem A B. Præterea, sumatur F D = G R, & ducatur D *r* ipsi F *g* parallela, ut secet Radium F *r* in *r*, unde *r g* demittatur ad F *g* normalis, aliosque Radios F *p* & F *t* secans in *p*, ac *t*. Jam, cum sit *g r* = G R, erit etiam *g p* = G P, & *g t* = G T, ex ostensis ad *Fig.* 23.; & insuper, ex ostensis ad *Fig.* 18, cum Radiorum secundum I X & *i* F lineas parallelas incidentium eadem sit Refractio in medium *a b n m*; sive immediate ingrediantur ex aere, sicut fit ad F; sive prius permeent aliud medium ut A B *b* H parallelis planis terminatum: sequitur, quod Radii, alterutro modo refracti in dictum medium *a b n m*, sunt paralleli Radiis homogeneis altero modo in idem medium refractis, hoc est, quod F *p* ad P L; F *r* ad R M, & F *t* ad T N sunt paralleli. Quapropter, si refracti Radii P L, R M, ac T N retroducantur, donec singuli occurrunt perpendiculo G X, cum eo & basibus G P, G R ac G T constituent triangula similia triangulis *g p* F, *g r* F, & *g t* F, imo & ipsis æqualia, siquidem eorum bases *g p* & G P; *g r* & G R; *g t* & G T sibimet respective sint æquales. Quare, cum horum triangulorum vertices conveniant ad idem punctum F, illorum etiam vertices ad idem aliquod punctum *f* convenient; hoc est, Radii P L, R M, ac T N, ipsorum X P, X R, & X T refracti, divergent omnes ab eodem puncto *f*, Q. E. D.

L.

Theorema *illud notis quibusdam promovetur.*

Ostenso hoc, sequentia obveniunt notanda. 1. Quod proportiones sinuum Incidentiæ & Refractionis, ad superficiem H *b* factæ, ex his facile determinantur. Nam, pro Radiis maxime refrangibilibus sinus isti sunt ut *f* P ad P *x*, & pro minime refrangibilibus ut *f* T ad X T; &c.

2. Hinc, si proportiones sinuum Refractionis ex aere in duo quælibet media proposita, paribus Incidentiis, dentur; proportiones sinuum Refractionis ex altero mediorum in alterum facile dabuntur; dividendo nempe sinus posterioris medii per correspontentes sinus anterioris. Sic, cum Refractio fit ex aere in vitrum, dicti sinus sunt ut 68, $68\frac{1}{2}$, 69; &, cum fit ex aere in aquam, sunt ut 90, $90\frac{1}{2}$, 91. Ergo, cum fit ex aqua in vitrum, erunt, ut $\frac{68}{90}$, $\frac{68\frac{1}{2}}{90\frac{1}{2}}$, $\frac{69}{91}$, hoc est, ut 281, $281\frac{1}{2}$, 282, fere.

3. Si tertium aliquod medium aere densius postponatur medio *a b n m*, contingens illud in superficie *m n*, quæ concipiatur plana ipsisque A B & *a b* parallela; & si Radii divergentes a puncto *f*, (sicut modo ostensum erat,) in illud incidant ad puncta L, M, & N; postquam in iisdem refringuntur, divergent rursus ab alio quodam puncto *x*, quod situm est in perpendiculo X G. Et sic præterea in infinitum, quotcunque licet media parallelis planis ab invicem discreta, sese ordine sequantur. Quod, si aer immediate succedat medio *a b n m*, punctum istud *x*, a quo emergentes Radii tendunt, situm erit ad V in ipsa refringente superficie, propterea quod emergent paralleli ad summe obliquam lineam I X, secundum quam primum incidebant ex aere; si modo emergere dicantur, qui nunquam divaricabant a refringenti superficie.

Digitized by Google

4. Si Radii ab aliquo puncto F, in aere sito, divergentes, tendant ad puncta *c*, *d*, *e*, eo more, quem ad *schema* 24 explicui; & per varia deinde plana refringentia ipsique A B parallela transeant, semper divergent omnes ab eodem aliquo puncto, quod situm est in perpendiculo planorum per punctum F transeunte, non secus, quam si incidissent in planum A B, advenientes in obliquissima linea I X; & longitudines Radiorum, punctis refringentibus dictoque perpendiculo interceptorum, sunt ut sinus Incidentiæ & Refractionis ad singula plana, quæ respiciunt. Quarum assertionum demonstrationes, cum facile eruantur e prædictis, prætermitto, ne nimius in hac re videar.

PARS PRIOR.

SECTIO TERTIA.

De Planorum Refractionibus.

POsitis Refractionum legibus Radiorum per diversa media trajectorum, affectiones aliæ jam tradendæ sunt; & primo, Refractiones planorum, in gratiam doctrinæ de Coloribus post explicandæ, describam; deinde sphæricarum & aliarum superficierum proprietates enarrabo, tum ut Colorum exinde ortorum phænomena detegantur, tum ut instrumentorum opticis usibus inservientium constructio rectius innotescat. Imprimis autem plani solitarii Refractiones, deinde planorum Refractiones iteratas considerabo.

De plani solitarii Refractionibus.

Quod ad Radios ejusdem cujuscunque generis attinet, passiones in Lectionibus Dris. *Barrow* (his fundamentis; quod Radii Lucis in similari medio directi sunt; quod eorum Refractio fit in superficie ad medii refringentis superficiem perpendiculari; & quod sinus Incidentiæ perpetuo sunt proportionales sinubus Refractionum in aliud medium similare factarum) traduntur, & idcirco sufficiet aliquas sub forma lemmaticarum Propositionum sine demonstrationibus hic recensuisse.

PROPOSITIO I.

* *Radii cujusvis refracti incidens, incidentis vicissim fit refractus.*

PROPOSITIO II.

* *Angulo Incidentiæ æquali æqualis, & majori major convenit, tum angulus Refractionis, tum refractus, & contra.*

PROPOSITIO III.

* *Incidentium Radiorum refractos exhibere.*

Instantiam in Radiis ad medium densius e rariori divergentibus accipe.

In *Fig.* 27. *Tab. VI.* Sit F punctum Radios F R, F *r*, aliosque innumeros versus refringentem superficiem A R ejaculans; sitque F A Radius perpendicularis, quem produc ad K, ut sit A F ad A K, sicut sinus Refractionis ad sinum Incidentiæ; & ad

* *Barrow Lect. Opt.* L. III. Art. 3. * Ibid. Lect. III. Art. 4. & 6.

Digitized by Google

ad K erige perpendiculum K L. Quo facto, Radios quoslibet incidentes F R, F *r*, retrorsum produc, donec præfatæ K L occurrant in L & *l*; & in angulo F A R, inscribe R D = R L, & *r d* = *r l*. Quibus versus M & *m* productis, habebis refractos Radios R M, & *r m*; & eadem ratione refractos quamplurimos confestim duces.

PROPOSITIO IV.

Radium datæ rectæ parallelum designare, cujus refractus per datum punctum transibit.

In *Fig.* 28. *Tab. VI.* sit A B superficies refringens, M punctum datum, & G H recta, cui Radius incidens debet esse parallelus. Et imprimis Radii secundum G H incidentis duc refractum H I, per Prop. III.; eique parallelum age M R; & F R, datæ G H parallele ductus, erit Radius incidens.

PROPOSITIO V.

Radium e dato puncto progredientem designare, cujus refractus evadet rectæ positione datæ parallelus.

Absolvitur ad modum quartæ Propositionis, denominatione Radiorum (secundum Prop. I.) permutata.

PROPOSITIO VI.

Radium e dato puncto F *procedentem designare, cujus refractus per aliud punctum datum* M *transibit.*

Per F & M, (*Fig.* 29. *Tab. VII.*) ducantur refringenti perpendiculares, (&, Radio in medium densius incidente,) fiat A E ad A F, ut sinus Incidentiæ ad radicem differentiæ quadratorum a sinubus Incidentiæ & Refractionis. Item, T ad M I, ut sinus Refractionis ad eandem radicem. Anguloque A I M, per E transiens, ipsamque T adæquans, inscribatur recta R H; & connectantur F R, R M, nam ipsæ F R, R M, erunt Radii quæsiti.

Cum Radius incidit in medium rarius, appellatione (secundum Prop. I.) commutata, absolvitur ut ante.

Ceterum, quo pacto data recta angulo recto interferenda sit, quæ per punctum datum transibit, in *Lect.* V. Dris. * *Barrovv*, per hyperbolæ & circuli intersectionem, ostenditur.

PROPOSITIO VII.

** *Radiorum ad planam superficiem divergentium, parallelorum, vel convergentium, refracti, itidem divergent, paralleli erunt, vel convergent, & e contra.*

PROPOSITIO VIII.

Punctum, a quo refracti illi Radii divergunt, vel ad quod convergunt, invenire.

CASUS I.

Cum Radiorum definita sit inclinatio, duc refractos per Prop. III. IV. V., vel VI, & intersectionem habebis.

CA-

* *Barrovv Lect. Opt.* L. IV. Art. 5.

* Art. 7. Sed idem D. *Barrovv* hoc fecit generalius & concinnius in *Lect. Geom.* L. VI. Art. 2. * * Ibid. L. IV. Art. 2. &c.

Digitized by Google

CASUS II.

At, cum inclinatio existit quavis data indefinite minor, eodem recidit Problema, ac si punctum in Radio obliquo refracto quæres, quod Radiorum alterutrinque jacentium intersectiones disterminat & intercedit, quodque pro Radiationis centro, seu loco imaginis respectu oculi, per cujus pupillæ centrum Radius ille transigitur, haberi debet; ejus autem inventio ejusmodi est. In *Fig.* 30. *Tab. VII.* sit D R M refractus cujusvis incidentis F R N, sitque F centrum Radiationis incidentium, (sive divergentium, sive convergentium) Radiorum; & F A, refringenti normaliter insistens, secet R M in D. Jam, ab A demitte ad hos Radios perpendicula A G & A H; fac esse R F. R *f*: : F G. D H; & ipsius R M, aliorumque refractorum proxime R M utrinque jacentium centrum radiationis erit *f*. *

SCHOLIUM.

Ceterum punctum hoc *f* Radiorum in plano F A R jacentium concursus solummodo existit; nam, aliorum extra planum F A R jacentium refracti, nec in puncto *f*, nec ullibi omnino Radium R *f* secabunt; si eos solummodo excipias, quorum incidentes jacent in superficie conica, cujus axis est A F, vertex F, & semiangulus A F R; utpote, qui omnes præfatum R *f* in puncto D secabunt, quod in axe F A sit positum. Et hujus itaque R *f* centra Radiationis præcipue sunt duo, alterum *f*, a refractis jacentium in plano F A R effectum; & alterum F a refractis jacentium in conicis superficiebus axe F A, angulisque A F R, A D R descriptis. Ad reliquos autem Radios quod attinet, aliter circa F R quaquaversum positos; eorum refracti maxime appropinquant Radio R *f*, alicubi inter D & *f*; adeo ut respectu Oculi, per cujus pupillæ centrum Radius R M transit, locus imaginis per totum spatium *f* D diffundi debeat: Vel potius, cum spatium *f* D sit unici tantum puncti F imago, debemus unicum aliquod in eo punctum, quod omnis Lucis ab eo versus Oculum pergentis meditullium occupet, inter puncta D & *f* in media, circiter, distantia interjacens, pro sensibili imagine statuere. Puncti vero illius accurata determinatio, cum omnium Radiorum ab F versus Oculi pupillam refractorum habenda sit æstimatio, Problema solutu difficillimum præbebit, nisi hypothesi alicui, saltem verisimili si non accurate veræ, innitatur assertio. Quemadmodum, cum Radii æque multi a termino D aliisque vicinis punctis, ac a termino *f* aliisque punctis similiter sibi vicinis, versus Oculum videantur profluere; locus imaginis ita debet in medio istorum terminorum statui, ut angulus, quem Radii duo a D & *f* ad idem quodpiam pupillæ punctum convergentes includant, a Radio ab illo visionis loco ad idem pupillæ punctum pergente, quam proxime semper bissecetur. Qua hypothesi admissa, nihil aliud agendum est, quam ut fiat M *f* + M D. M D: : *f* D. D Z; & erit Z locus visionis puncti F quæsitus; posito nempe quod M sit locus Oculi. Nam, cum ponatur M *f* + M D. M D: : *f* D. D Z, erit divisim M *f*. M D: : *f* Z. Z D; & proinde, ductis tribus lineis ab *f*, D, & Z, ad M, vel potius ad punctum quodpiam huic M indefinite vicinum, angulus, quem externæ duæ continent, ab interjacente linea (per 3. 6. Elem.) quam proxime semper bissecabitur.

His paucis circa Radios homogeneos in gratiam sequentium obiter notatis, ut eorum penitior cognitio habeatur, Lectiones, quas Vir Reverendus Dr. *Barrow* de iisdem fusius composuit, consulendas esse hortor; deque heterogeneis, sive dissimiliter refrangibilibus Radiis pergo actutum disserere.

PRO-

* Vid. *Barrovv Lect. Opt.* L. V. Art. 15. &c.

Digitized by Google

PROPOSITIO IX.

E Radiis diversi generis, a puncto lucido fluentibus, soli possunt ad focum, vel aliud commune punctum refringi, qui jacent in plano per utrumque punctum transeunte, & ad planum refringens perpendiculari.

Utpote, cum Radii cujusque Refractio semper fiat in plano ad medii refringentis superficiem perpendiculari, & ejusmodi duo plana per utrunque punctum transire nequeant.

PROPOSITIO X.

E Radiis diversorum generum a dato puncto fluentibus, quorum refracti ad aliud punctum datum convergunt, illi magis a linea recta, punctis concursuum sive Radiationum centris interjacente, divaricant, qui sunt magis refrangibiles.

Sint F P f F Q f (*Fig.* 31. *Tab. VII.*) Radii dissimiles hinc & inde convenientes in F & f; & manifestum est, quod non penitus coincident, quia sic par esset Refractio, contra hypothesin. Neque Radius magis refrangibilis potest esse rectæ Ff propior. Sic enim, propter obliquitatem ex parte medii densioris majorem, major esset ejus Refractio per Prop. II., & hypothesin; hoc est, angulus F pf esset minor angulo FQf, contra 21. 1. Elem. Restat itaque, ut sit magis refrangibilis FPf, qui a recta Ff magis divaricat.

LEMMA I.

Quatuor lineis GB, GC, GD, GE (Fig. 32. Tab. VII.) *a dato puncto* G *ad datam lineam* EB *ita ductis, ut sit* GB. GC : : GD. GE; *Angulus* BGC, *quem minima* GB *cum alterutra intermediarum* GC *constituit, major est, quam angulus* DGE *ab altera intermedia* GD *& maxima* GE *constitutus.*

Nam, centro G, radio GE, describatur circulus EK, & radius GK ducatur, constituens angulum DGK æqualem angulo BGC, & puncta K, D jungantur; eruntque triangula GDK, GCB similia, propter æquales angulos ad G, & latera circa illos proportionalia: (6. 6. Elem. & Hypoth.) Nempe GB. GC : : GD. (GE) GK. Quare angulus KDG = ang. CBG. Sed ang. EDG (16. 1. Elem.) major est ang. CBG, ergo linea KD major est ED (7. 3. Elem.) & ang. KGD superat ang. DGE (25. 1. Elem.) hoc est, ang. CGB major est ang. EGD. Q. E. D.

LEMMA II.

Positis istis angulis infinite parvis, ac GA *perpendiculari ad lineam* EB *demissa, erit ang.* EGD *ad ang.* CGB : : BA. DA.

A punctis enim B, & D, ad lineas GC, GE, demittantur normalia BR ac Dr; & erunt anguli præfati ad se invicem ut est $\frac{Dr}{DG}$ ad $\frac{BR}{BG}$; * ponendo nempe lineas istas BR ac Dr æquipollentes esse arcubus infinite parvis, quibus anguli isti subtenduntur. Est autem BG. CG : : DG. EG, ex hypothesi; & divisim BG. CR : : DG. Er. Item, propter similia triangula BAG, CRB; est BA. AG : : CR.

* Anguli enim minimi, ad diversorum circulorum centra, sunt, ut chordæ angulos subtendentes directe, & ut circulorum radii inverse.

Digitized by Google

CR. BR; & pari ratione, EA, vel DA. AG:: Er. Dr, ſive AG. DA:: Dr. Er. Quamobrem, addendo rationes æquales, eſt BA. AG + AG.DA (::BA.DA) :: CR. RB + Dr. Er, (& permutatis terminis poſteriorum rationum,) :: CR. Er + Dr. BR, (& æquipollente ratione pro CR. Er ſubſtituta) :: BG. DG + Dr. BR (terminiſque ad invicem applicatis) :: $\frac{Dr}{DG}$. $\frac{BR}{BG}$. Eſt itaque BA. DA :: $\frac{Dr}{DG}$. $\frac{BR}{BG}$; hoc eſt, ut ang. EGD ad ang. CGB. Q.E.D.

PROPOSITIO XI.

Heterogeneis Radiis ſecundum eandem lineam incidentibus, quo obliquior eſt eorum Incidentia, ceteris paribus, eo major erit differentia Refractionis.

In *Fig.* 33. *Tab. VII.* ſit FG linea, ſecundum quam duo Radii incidunt, quorum unus maxime refrangibilis pergat verſus P, & minime refrangibilis verſus T; eritque angulus PGT differentia Refractionis. Item, eſto FH linea obliquior quam FG, & ſecundum hanc alii duo ejuſmodi Radii incidant, quorum maxime refrangibilis verſus *p*, & minime refrangibilis verſus *t* refringitur; & ſimiliter erit angulus *p*H*t* eorum differentia Refractionis. Dico jam, quod ſit angulus *p*H*t* major quam PGT. Demittatur enim FA ad refringens planum linea normalis, quæ refractos Radios retroactos ſecet in D, & E; L, & M; & ad hanc a puncto G ducantur duæ lineæ GB, GC, ipſis HL, HM, parallelæ. Jam, cum tres lineæ GF, GD, GE (ex natura Refractionis ante deſcripta §. XXV, XXVI & ſeq.) ſint in ratione data, & alteræ tres HF, HL, HM in eadem ratione, proportionales erunt HL. HM:: GD. GE; ſed eſt HL. HM:: GB. GC, propter triangula ſimilia LMH & BCG. Quare, GB. GC:: GD. GE. adeoque angulus BGC eſt major ang. DGE, per Lemma 1, hoc eſt, ang. LHM ſuperat ang. DGE, ſive ang. *p*H*t* eſt major ang. PGT. Q.E.D.

Ceterum, ut de mutuis angulorum PGT & *p*H*t* (in *Fig.* 33. *Tab. VII.*) proportionibus habeatur plenior determinatio, dico præterea, quod ſunt inter ſe, quam proxime, ut lineæ AB & AD; ſegmenta nempe baſium triangulorum æquealtorum, quorum alterum EGD conſtituitur a Radiis GP, ac GT, cum perpendiculo AF concurrentibus, & alterum CGB ſit ſimile triangulo MHL a Radiis H*p* & H*t* ſimiliter conſtituto. Nam, anguli EGD & CGB, ſi eſſent infinite parvi, forent inter ſe ut AB ad AD, per Lem. II. At iſti, ex hypotheſi, ſunt æquales angulis PGT, & *p*H*t*. Quare etiam illi PGT & *p*H*t*, modo eſſent infinite parvi, forent itidem ut AB ad AD; & pari ratione conſtat, quod ſunt, quam proxime, ut AC ad AE. Scilicet eorum ratio has duas rationes ſemper intercedit, & ideo veritatem adhuc propius aſſequemur adhibendo rationem intermediam. Nempe, quod eſt PGT ad *p*H*t* ut AB + AC ad AD + AE, vel ut $\sqrt{AB \times AC}$ ad $\sqrt{AD \times AE}$, proxime.

PROPOSITIO XII.

Radios diverſorum generum a dato puncto profluos deſignare, quorum refracti per aliud punctum datum tranſibunt.

Cum punctorum alterutrum infinite diſtat, ut Radii ex ea parte exiſtant paralleli; res per Prop. IV., & V. abſolvitur, & per Prop. VI. cum utrumque infinite diſtat.

SCHO-

Digitized by Google

SCHOLIUM.

E re erit, ut ostendam, quomodo ex data alicujus Radii positione, ceteri omnes expeditius determinentur.

CASUS I.

Sint in *Fig.* 34. *Tab. VIII.* FT, FR, FP, Radii ab F prodeuntes, quorum refracti TO, RM, PK paralleli sunt futuri. Et Radii FT esto sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis, sicut *I* ad *T*, quemadmodum & Radiorum FR, & FP sinus isti sicut *I* ad *R* & *P*. Jam, ut, horum quovis FT positione dato, ceteri confestim designentur, demitte FA refringenti normalem, & in angulo FAT inscribe TE, TD, hac lege, ut sit *T.R.P*:: TF. TE. TD; & ipsis TE, TD age parallelas FR, FP. Dico factum. Scilicet, refractis TO, RM cum perpendiculo DA occurrentibus in G, & H, erit *I. T*:: TG. TF; & præterea, cum sit *T.R*:: TF. TE (hyp.), erit ex æquo *I. R*:: TG. TE. Sed est *I. R*:: RH. RF, ergo TG. TE:: RH. RF; atque adeo, cum TE, & RF parallelæ sint (ex hyp.), erunt etiam TG & RH parallelæ. Q. E. O. Deque Radii PK parallelismo consimile est ratiocinium.

CASUS II.

Si parallelis incidentibus refracti ad datum punctum convergant, propositum nihil secus exsequaris, ut e Prop. I. patet.

CASUS III.

Denique si divergant incidentes, & refracti convergant, Problema solidum est, sed ad planum quodammodo reducitur, fingendo differentiam Refrangibilitatis infinite parvam esse; quæ cum semper sit admodum exigua, solutionem ex ista hypothesi haud gravatim exhibebo.

Pone FRX (*Fig.* 35. *Tab. VIII.*) Radium esse positione datum, & Radios FPX, FTX, (quorum datę sunt sinuum Incidentiæ & Refractionis rationes,) punctis F, & X interserendos esse. Jam, alios etiam Radios, æque refrangibiles ac Radios FP, FT, finge secundum lineam FR incidere, & refractos eorum RO, RK (ope Prop. tertiæ) describe, centraque Radiationum Y & Z (per Prop. VIII.) quære; ac junge YX ac ZX refringenti occurrentes in P ac T. Dico factum. Nempe FPX, FTX esse Radios, quos oportuit designare. Nam, cum, ex hypothesi, differentia Refrangibilitatis, adeoque distantia punctorum T, R, & P, sit indefinite parva, constat homogeneos Radios RO, PX, sibi mutuo vicinissimos esse, & inde ab eodem Radiationis puncto Y divergere; recte itaque determinavi Radium PX per Radii RO centrum Radiationis transiturum esse; deque Radio TX par est ratio.

Verum enimvero, cum anguli PXT determinatio eo spectet, ut noscatur, quanta sit objectorum mediante Refractione visorum, propter inæquabiles absimilium Radiorum Refractiones, confusio, perque quantum spatium Colores inde emergentes extendantur, quemadmodum pateat, concipiendo F esse punctum lucidum, quod Oculo in X constituto per totum angulare spatium PXT, quod Radiis PX ac TX maxime minimeque omnium refrangibilibus comprehenditur, dilatum ac diffusum appareat; de magnitudine ejus paucula adjiciam. Finge lineam curvam Y ſ Z descriptam esse, in qua Radiationum centra Radiorum omnigenorum jacent, secundum lineam FR incidentium, & ita refractorum in puncto R, ut per totum angulum KRO divaricent; & ista curva non male assimilabitur obje-

Digitized by Google

cto lucido, cujus angulus visibilis, sive apparens magnitudo, ad Oculum in X situm, sit YXZ, ac distantia ab eodem Oculo ad meditullium ejus æstimata fX. Et hinc consectatur,

1. Quod, (cum rei visibilis apparens magnitudo pene sit reciproce ut distantia ejus,) stante puncto F, & puncto X in linea RX ubicunque sumpto, angulus PXT, sive YXZ, pene erit reciproce ut longitudo fX. Et hinc, intervallo RX diminuto, angulus PXT augetur, ejusque quantitas in qualibet puncti X distantia dabitur, si modo data fuerit unquam in quapiam distantia.

2. Quinetiam angulo ORK cognito, cognoscitur angulus quilibet PXT, sumendo eum in ratione ad ORK, quam habet Rf ad Xf; quippe cum YRZ, (cui ORK æquatur,) sit objecti YfZ in distantia fR apparens magnitudo.

3. Cum itaque angulus ORK, pro qualibet obliquitate Radiorum juxta RF incidentium, supra in Schol. ad Prop. XI. determinatus habeatur, & punctum f haud difficile inveniatur; faciendo, juxta Prop. VIII. *, ut sit RF. Rf :: $\frac{AFq}{RF}$. $\frac{ADq}{RD}$, satis constat anguli PXT inventio.

4. At ex abundanti subnoto prædictam curvam YfZ, in qua Radiorum omnis generis, in puncto R refractorum, Radiationum centra locantur, esse Cissoidem vulgarem, sive *Diocleam*, circulo accommodatam, cujus diameter RE sit ad AR ut RFq ad FAq. Nam, super diametro RE descripto circulo isto RCE, agatur quævis recta fBC normalis ad RE, circuloque in C, & curva in f terminata. Et, propter analoga latera similium triangulorum RAD, RBf, erit ADq. AR x DR :: Bfq. BR x fR; &, applicando posteriorem rationem ad BR, fiet ADq. AR x DR :: $\frac{Bfq}{BR}$. fR; rursusque ducendo consequentes rationum in Rf, & applicando ad AR, orietur, ADq. DR x Rf :: $\frac{Bfq}{BR}$. $\frac{Rfq}{AR}$. Est autem $\frac{AFq}{FR}$. $\frac{ADq}{DR}$ :: RF. Rf, ut prius; &, consequentibus in DR, & antecedentibus in FR ductis, oritur AFq. ADq :: FRq. DR x Rf; & vicissim AFq. FRq :: ADq. DR x Rf. Quamobrem, rationes eidem tertiæ congruentes connectendo, habebitur $\frac{Bfq}{BR}$. $\frac{Rfq}{AR}$ :: AFq. FRq; ducendoque antecedentes rationum in BR, & consequentes in AR, prodibit Bfq. Rfq :: AFq x BR. FRq x AR; & insuper applicando posteriorem rationem ad AFq, fiet Bfq. Rfq :: BR. $\frac{FRq \times AR}{AFq}$. Sed, cum posuerim RE. AR :: ERq. AFq, erit $\frac{FRq \times AR}{AFq}$ — RE, & proinde Bfq. Rfq :: BR. RE, ac divisim Bfq. Rfq — Bfq (BRq) :: BR. BE. Atqui, ex natura circuli, est BC media proportionalis inter BR & BE, adeoque est BR. BE :: BRq. BCq; & proinde Bfq. BRq :: BRq. BCq, sive Bf. BR :: BR. BC; quod indicat curvam esse Cissoidem, sicut ostendendum proposui.

Refractionibus ad superficiem, data duo media disterminantem, transactis, ad explorandum quid, ex aucta alterius medii raritate, vel densitate, consequitur, sive, ad diversorum mediorum effectus inter se conferendum, jam animum adjicio.

LEM-

* Prop. 8. (*Fig.* 30.) habuimus RF. Rf :: FG. DH. sed (per prop. 8. lib. 6. Euclid.) ut triangula FRA & FGA, ita triangula DRA & DHA similia sunt; unde est FG = $\frac{AFq}{RF}$, & DH = $\frac{ADq}{RD}$. Ideoque erit RF. Rf :: $\frac{AFq}{RF}$. $\frac{ADq}{RD}$, quod hic asseritur.

Digitized by Google

LEMMA III.

Si a duobus punctis D, G, (Fig. 36. Tab. VIII.) *in linea quapiam* A D *sitis, ad alia duo puncta* L, N *in ejus perpendiculo sita, ducantur quatuor rectæ* DN, DL, GN, GL, *ratio ductarum ad punctum remotius* N *magis accedit ad æqualitatem, quam ratio ductarum ad vicinius punctum* L, *sive est* GN. DN in majore ratione, quam GL. DL.

Sit enim GN. DN :: GL. R; & erit GNq. DNq :: GLq. Rq :: GNq — GLq. DNq — Rq. Quare, cum sit DN major GN, sive DNq. major GNq, erit DNq — Rq major quam GNq — GLq. Verum est GNq — GLq = DNq — DLq, (§. XLVI.;) & ideo DNq — Rq major quam DNq — DLq, hoc est, DLq superat Rq, sive DL superat R. Atque adeo, cum supponatur GN. DN :: GL. R, erit GN. DN in ratione majore, quam GL. DL. Q. E. D.

PROPOSITIO XIII.

Posito Radiorum diversi generis communi sinu Incidentiæ, quo magis diversa est mediorum densitas, eo major erit inæqualitas rationis sinuum Refractionis.

In *Fig. 37. Tab. IX.* sit F*c* Radius e minime refrangibilibus, utcunque in superficiem A*c* incidentibus, sitque refractus ejus *cl*, qui retroactus secet perpendiculum FA in *f*. Dein capiatur A*e*, ut sit F*e* ad F*c* in data quadam ratione, qualem antea descripsimus, (§. XLIV., XLV., & XLIX.:) hac scilicet conditione, ut, habito F*e* pro Radio maxime refrangibili, refractus ejus ab eodem puncto *f* divergat. Facto hoc, si pro posteriori medio aliud utcunque densum, rarumve, substituatur, ejusmodi duo Radii secundum easdem rectas F*e*, F*c* incidentes, semper debent ita refringi, ut ab eodem aliquo perpendiculi istius puncto similiter divergant, (§. XLV., & XLIX.:) quemadmodum a *g* versus l & n; posito, quod hoc medium posterius sit densitatis ab anteriori magis diversæ, quam alterum posterius medium, quod efficiebat divergentes a *f*. Ostendendum est itaque, quod major sit inæqualitas rationis sinuum Refractionis in posteriori, quam in priori casu. Scilicet, Radii F*cl* sinus Incidentiæ est ad sinum Refractionis, ut *fc* ad F*c*, (§. XLVII.) hoc est, ut 1 ad $\frac{Fc}{fc}$. Et sic Radii F*en* sinus isti sunt ut 1 ad $\frac{Fe}{fe}$, quare sinus Refractionum eorundem Radiorum sunt inter se ut $\frac{Fc}{fc}$ ad $\frac{Fe}{fe}$. Et simili discursu constabit, quod Radiorum *c*l, *e*n, refractorum consimiles Refractionum sinus sunt ut $\frac{Fc}{gc}$ ad $\frac{Fe}{ge}$. Restat itaque probandum, quod inter $\frac{Fe}{gc}$ & $\frac{Fe}{ge}$ major sit disproportio, quam inter $\frac{Fc}{fc}$ & $\frac{Fe}{fe}$; hoc est, (cum sit $\frac{Fe}{fe}$ major quam $\frac{Fc}{ge}$ per Lem. III,) probandum restat, quod sit $\frac{Fe}{ge}$, $\frac{Fc}{gc}$ major quam $\frac{Fe}{fe}$, $\frac{Fc}{fc}$. Scilicet est, *ge*.*fe* minor quam *gc*.*fc*, per Lem. III; &, sumendo reciproca rationum, erit $\frac{1}{ge}$.$\frac{1}{fe}$ major quam $\frac{1}{gc}$.$\frac{1}{fe}$; ducendoque priorem rationem in F*e*, & posteriorem in F*c*, orietur $\frac{Fe}{ge}$.$\frac{Fe}{fe}$ major quam $\frac{Fc}{gc}$.$\frac{Fc}{fc}$, & vicissim $\frac{Fe}{ge}$.$\frac{Fc}{gc}$ major quam $\frac{Fe}{fe}$.$\frac{Fc}{fc}$. Q. E. D.

E 2 SCHO-

SCHOLIUM.

Demonſtratio perinde ſe habet in literis majuſculis, (quibus Refractiones deſignavi, cum poſterius medium ſit anteriori rarius) ſi modo, vice majoritatis ubique ſubintelligatur minoritas, & majoritas vice minoritatis. Notabis inſuper, quod in hac Demonſtratione poſui, denſitatem poſterioris tantum medii variatam eſſe; ſed eodem recidit, ſi anteriora media ſucceſſive varia adhiberi, poſteriori non mutato, ſive, (quod tantundem eſt,) ſi Refractiones e poſteriori medio in anterius viciſſim peragi concipias. Siquidem, Radiis in ſuperficiem alterutrinque incidentibus, conſimiles ſunt ſinuum rationes. Ceterum, de exacta horum ſinuum pro quibuslibet propoſitis mediis ratione inveſtiganda diſſerui ante, & Propoſitionem haud attigiſſem, ſi non exegiſſet Prop. XV. mox tradenda.

LEMMA IV.

Centro A, *diſtantia quavis* AD, in Fig. 38. Tab. IX., *deſcribatur circulus* DG*g*; *deinde centro quolibet* C, *diſtantia* AC, *deſcribatur alius circulus ſecans rectam* AD *in* B, *& circulum prius deſcriptum in* G. *Tum arcus* BG *biſſecetur in* F, *&* FK *demittatur ad* BD *perpendicularis. His ita conſtitutis, dico, quod* FK *ſic perpendiculariter demiſſa dictam* BD *biſſecabit.*

Junctis enim AF, AG, BF, FG, & FD. In triangulis AFG, & AFD, anguli ad A ſunt æquales, propter æquales arcus BF, FG, quibus ſubtenduntur; item latera, circa iſtos angulos, AD, & AG ſunt æqualia, quippe radii ejuſdem circuli; & aliud latus AF habent commune; quare etiam tertia latera FG & FD ſunt æqualia. Sed, eſt BF æqualis FG, propter æqualitatem arcuum, quos ſubtendunt; adeoque FB = FD, & triangulum FKB = triangulo FKD, & inde BK = KD.

COROLL. I.

Hinc recta KF, quæ biſſecat BD, inſiſtens ei normaliter, biſſecabit etiam arcus BG circulorum omnium per data duo puncta A & B tranſeuntium, & alicubi in G ſecantium datum circulum DG centro A intervallo AD deſcriptum. Imo, & biſſecabit arcus BG*g* in altero interſectionis puncto *f*.

COROLL. II.

Idem eveniet, cum A & B coincidunt; hoc eſt, cum circuli AFG tangunt rectam AD in puncto AB. Poteſt etiam B ſumi ad alteras partes ipſius A. In tranſcurſu etiam notetur, quod anguli BFK, BGD, quos circulus ABF cum recta FK & arcu GD efficit, ſint æquales.

LEMMA V.

Lineis quatuor A*b*, AB, A*c*, AG (Fig. 39. Tab. IX.) *circulo alicui ab eodem circumferentiæ puncto ita inſcriptis, ut ſit* A*b*. AB :: A*c*. AG, *quarum omnium* A*b* *ſit minima; Dico angulum* BAG *majorem eſſe angulo* *b*A*c*.

Deſcribatur enim alius circulus AB*g*, ſecans priorem in punctis A & B, cujus diameter ſit ad ejus ABG diametrum ſicut AB ad A*b*, centris utriſque ad eaſdem partes ipſius AB jacentibus. Dein, centro A, diſtantia AG, deſcribe tertium circulum GH ſecundo occurrentem in *g*; & iſtud *g*, ex conſtructione jacebit alicubi inter G & H; atque adeo, ſi A*g* ducatur, erit angulus BAG major angulo BA*g*. Eſt autem angulus BA*g* = angulo *b*A*c*, propterea quod AB & A*g* ſimiliter in-

Digitized by Google

inscriptæ sunt circulo A B*g*, ac A*b* & A *c* ipsi A*bc*, habentes nempe easdem rationes & inter se, (A*b*. A*c*:: AB. AG, vel A*g*.) & ad diametros circulorum, quibus inscribuntur. Cum ergo sit BAG major quam BA*g* = *b*A*c*, erit BAG major quam *b*A*c*. Q. E. D.

COROLL. I.

Hinc in eodem quovis Radiorum genere, quo major est Refractio, eo major erit angulus refractus. In(*Fig.* 27. *Tab. VI.*) ubi est FR. RD:: F*r*. *rd*, erit angulus F*rd* major ang. FRD. *

COROLL. II.

Hinc etiam, si sit AG. AB in majore ratione, quam A*c*. A*b*. multo magis erit angulus BAG major *b*A*c*. Hoc est in genere, quo majores sunt subtensæ, & simul, quo major est inæqualitas rationis earum, eo major erit differentia angulorum, quos subtendunt. Atque idem de sinubus & eorum angulis, utpote subtensarum & eorum angulorum dimidiis, intellige.

LEMMA VI.

Insuper si arcus cd (Fig. 39. Tab. IX.) *ipsi bc capiatur æqualis, &* AD *inscribatur circulo* ABD, *quæ sit ad* A*d sicut* AG *ad* A*c*, *ceteris stantibus; dico, quod arcus* DG *erit arcu* GB *major.*

Nam, centro A, radio AD, describe circulum DKE, circulo AB*g* occurrentem in K, & rectæ AB in E; & AK ducatur. Jam, cum AK, A*g*, & AB circulo AB*g*K similiter inscribantur, atque A*d*, A*c*, & A*b* ipsi A*bc*, erit arcus *g*K = arcui B*g*; quare, demissa *g*L ad BE perpendiculari, & producta donec secet arcum BD in F, ista *g*L, per Lem. IV. bissecabit tum rectam BE, tum arcum DB. At, quoniam *g*F, ex constructione, jacet extra circulum *g*G, punctum F cadet inter G & D. Quare DG major DF, sive major FB, & multo magis major GB. Q. E. D.

COROLL. I.

Hinc, si arcus *bd*, non tantum duabus, sed quotcunque partibus æqualibus constet, correspondentes partes arcus *b*D, a termino *b* ad terminum D, sese gradatim superabunt longitudine. Adeoque, si arcus *bc* ad arcum *cd* habeat quamcumque rationem commensurabilem, erit arcus GD ad arc. BG in majore ratione, quam arc. *cd* ad arc. *bc*; siquidem, numeris æqualium partium mensurantium arcus *bc* & *cd* correspondent consimiles numeri partium inæqualium constituentium arcus BG ac GD, quarum illæ in GD sunt omnes parte maxima ipsius BG majores. Quinetiam, si *bc* ad *cd* habeat quamcunque rationem incommensurabilem, erit itidem GD. BG in majore ratione, quam *cd*. *bc*. Nam, rationum similitudines, quæ quantitatibus commensurabilibus conveniunt indefinite, eo nomine conveniunt etiam incommensurabilibus similiter affectis, quemadmodum ex Euclidea definitione similium rationum ostendi potest. Sed facilius deprehenditur imaginando quantitates, quas vocant incommensurabiles, posse numerari per partes indefinite parvas, & sic ad naturam commensurabilium, præsertim quoad rationum habitudines, quodammodo reduci.

Con-

* Si enim (*Fig.* 39. 27.) A*b* & A*c* sinus designant anguli refracti & incidentiæ in radio lucis minus obliquo, ut FR; AB & AG hos designabunt in radio obliquiori, ut F*r*, quoniam ex hypothesi est A*b*. A*c*:: AB. AG; & anguli BA*c*, BAG æquales erunt angulis refractis FRD, F*rd*. Quoniam vero est BAG major *b*A*c*, erit F*rd* major FRD. Vide *Barrov.* Lect. Opt. Lect. III. n. 6.

Digitized by Google

Concipias itaque arcum *bc* in æquales & indefinite multas partes dividi, & ejusmodi tot sumi, quæ minus quam una parte, (hoc est, indefinite parum,) differunt ab arcu *cd*, atque adeo ipsi, pro more consueto, censeantur æquales; concipe etiam B D in partes æquales, ut ante definivi, correspondentes partibus ipsius *bd* dividi, & propter tot inæquales partes, majores quidem in G D & minores in B G, quot sunt æquales in *cd* & *bc*; erit G D. B G in majore ratione quam *cd.bc*.

COROLL. II.

Hinc præterea, componendo, sequitur, esse BD.BG in majore ratione quam *bd.bc*, nec non GD. BD majorem habere rationem, quam *cd.bd*.

COROLL. III.

Consectatur denique, quod, ductis utcunque partibus subtensis A*b*, A*c*, A*d*, A*e*, in *Fig.* 40., *Tab. IX.*, & aliis quatuor AB, AG, AD, AE, quarum singulæ ad priorum singulas eandem rationem observant, (nempe, AB. A*b*:: AG. A*c*:: AD. A*d*:: AE. A*e*,) si AE sit omnium maxima, & A *b* minima, erit arcus ED ad arc. GB in majore ratione quam arc. *ed* ad arc. *cb*. Nam, per Corol. I. hujus, est ED. DG in majore ratione quam *ed. dc*, & DG. GB in majore ratione quam *dc. cb*, & multo magis ED.GB in majore ratione quam *ed. cb*. Haud secus patet esse arcum EG ad arc. DB in majore ratione quam arc. *ec* ad arc. *db*, scilicet, ex Corol. II. hujus, est EG.DG in majore ratione quam *ec.dc*, ac DG. DB in majore ratione quam *dc.db*, & multo magis E G. D B in majore ratione quam *ec. db*. Denique, quæ de subtensis & earum arcubus dicta sunt, possunt etiam de sinubus & eorum arcubus, aut angulis intelligi.

PROPOSITIO XIV.

Heterogeneis Radiis e densiori medio in rarius secundum eandem datam lineam in superficiem positione datam incidentibus, quo rarius sit medium, in quod Radii refringuntur, eo major erit differentia Refractionis.

Sit in *Fig.* 41. *Tab. IX.* FL linea, secundum quam duo Radii incidunt in superficiem A L, quorum maxime refrangibilis refringatur ad P, & minime refrangibilis ad T. Dico, quod, si medium rarius foret adhuc magis rarum, ut refringeret maxime refrangibilem Radium ad *p*, & minime refrangibilem ad *t*, tunc angulus *p*L*t* foret major angulo P L T. Demittatur enim F A ad refringentem superficiem normalis, quæ secet refractos Radios retrorsum ductos in G, C, D, & E. Deinde, in refringente superficie quæratur tale punctum N, ut sit F N. DN:: F L. E L; ac DN productus erit refractus Radii minime refrangibilis incidentis ab F ad N, (§. XLVII.). Jam, cum talis supponatur positio F L & F N, ut Radii maxime refrangibilis secundum FL, & minime refrangibilis secundum F N incidentis, refracti DL ac DN divergant a puncto D, quod situm est in perpendiculo F A, ea de causa, licet raritas medii, in quod Refractio peragitur, foret alia quam supponitur, tamen ejusmodi Radiorum secundum easdem lineas FN & FL incidentium refracti semper divergerent ab aliquo puncto, quod in eadem F A sit positum, quemadmodum in præcedentibus ostensum est, (§. XLIX.); sic, cum raritas dicti medii talis esse supponitur, ut maxime refrangibilis Radius secundum F L incidens, refringatur a puncto quopiam G; tunc minime refrangibilis secundum F N incidens refringetur ab eodem G. Sed, cum maxime refrangibilis Radius supponebatur a puncto G refringi, tunc etiam minime refrangibilis secundum eandem lineam F L incidens supponebatur refringi a puncto C. Quare, est GN.FN:: CL. FL, (§. XXV., & XLVII.;) & præterea, cum antea posuerim esse FN. DN:: FL. EL,

ex

Digitized by Google

ex æquo erit GN. DN : : CL. EL. Sed, per Lemma III., est GN. DN in ratione majore quam GL. DL, adeoque CL. EL in ratione majore quam GL. DL. Quare, si linea quædam BL ita ducatur, ut sit CL. EL : : BL. DL, erit BL major GL, propter majorem rationem quam habet ad DL; & insuper erit CL major BL, eo quod sit EL major DL; & proinde punctum B cadet inter G & C, eritque angulus GLC major ang. BLC; cum vero sit CL. EL : : BL. DL, aut vicissim, BL. CL : : DL. EL, erit angulus BLC major angulo DLE (Lem. I.) & multo magis ang. GLC major DLE. Q. E. D.

PROPOSITIO XV.

Heterogeneis Radiis e medio densiori in rarius secundum eandem datam lineam in superficiem positione datam incidentibus, quo densius est medium, e quo Radii incidunt, eo major erit differentia Refractionis.

Scilicet (propter majores Refractiones) eo majores erunt sinus Refractionum, respectu dati circuli, ad quem referuntur; & simul eo major erit inæqualitas rationis istorum sinuum, per Prop. XIII., adeoque eo major erit differentia angulorum, quos subtendunt, per Corol. II. ad Lem. V; hoc est, eo major differentia Refractionis. Q. E. D.

PROPOSITIO XVI.

Heterogeneis Radiis e medio rariori in densius secundum eandem datam lineam in superficiem positione datam incidentibus, quo rarius est medium, e quo Radii incidunt, eo major erit differentia Refractionis.

Sit AD (*Fig.* 42. *Tab. IX.*) superficies, in quam duo Radii secundum eandem lineam datam IX incidunt, quorum alter maxime refrangibilis refrangatur ad P, & alter minime refrangibilis ad T. Dico, quod, si medium, ex quo Radii incidunt, foret adhuc rarius, ut dictos Radios adhuc magis refringeret, puta, maxime refrangibilem versus *p*, & minime refrangibilem versus *t*, tum *p*X*t* major angulus evaderet, quam PXT. Id, quod gradatim sic demonstro.

CASUS I.

Ponamus primo, quod recta IX, secundum quam Radii incidunt, sit ad refringentem superficiem obliquissima, ac ducatur quælibet recta PD eidem superficiei normaliter insistens in D, & secans refractos Radios in punctis T, P, *t*, *p*; & IX producatur donec istam PD secet in *f*; tum in linea AD quæratur punctum quoddam B hac lege, ut ductis B*f*, BP, fiat X*f*. XT : : B*f*. BP. Liquet ergo, quod, si minime refrangibilis Radius incidat in B versus *f* tendens, is debet versus P refringi; quippe, cum, ex hypothesi, sit BP. B*f* : : XT. X*f*; hoc est, sinus Incidentiæ ejus & Refractionis, sicut sinus Incidentiæ & Refractionis alterius minime refrangibilis Radii IXT. Quamobrem, si supponamus hosce Radios retrocedere, alterum nempe e minime refrangibilibus a T ad X, & alterum a P ad B, & maxime refrangibilem a P ad X, eorum omnium refracti tendunt a puncto *f*; siquidem notum est Theorema, quod Radii secundum refractum ejus retro incidentis, incidens vicissim fit refractus. Jam, cum Radii difformes PB, PX, ab eodem puncto P manantes, refringantur ab eodem *f*, quod situm est in perpendiculo PD, proportione inter PX & PB semel cognita, si ab alio quovis ejusdem perpendiculi puncto ad refringentem superficiem duæ ducantur lineæ eandem rationem habentes; hoc est, una, designans maxime refrangibilem Radium, sit ad alteram, quæ designat minime refrangibilem Radium, ut PX ad PB: tunc istorum refracti, (ex ante de-

demonstratis §. XLV.,) divergent ab aliquo etiam puncto, quod situm est in eodem perpendiculo PD, utcunque medium ex parte Radii I X supponatur rarum, dummodo mediorum alterum ex parte Radii P X eandem densitatem retineat. Quemadmodum, si maxime refrangibilis Radius incidat secundum *p* X & refringatur a *f*, medio scilicet versus I X jam posito rariori quam ante, tum, recta *p b* sic ducta, ut sit PX. BP: : *p*X. *p b*, Radius etiam minime refrangibilis *p b* refringeretur ab eodem *f*. Unde sequitur esse *p b* ad *f b* sicut sinus Incidentiæ Radiorum minime refrangibilium ad sinum Refractionis, (§. XLVII.) Ast in ratione istorum sinuum est etiam *t* X ad *f*X, eo quod inflexa I X *t* designet Radium æqualiter refrangibilem, cujus pars I X producta transit per idem *f*. Quare est *p b*. *f b* : : *t* X. *f* X. Cum vero Radius I X supponatur esse ad refringentem superficiem summe obliquus, sive in angulo infinite parvo inclinatus, adeo ut recta D*f* pro infinite parva, seu nulla haberi debeat, sequitur esse DX = X*f*, DB = B*f*, ac D*b* = *bf*: quos valores pro X*f*, B*f* & *bf* substituendo in supra recensitas proportiones BP. B*f*: : TX. X*f*, & *p b*. *f b* : : *t*X. *f*X, emergent BP. BD: : XT. XD, & *p b*. D*b*: : *t* X. DX. Ex quibus pateat rectas BP ad XT, & *bp* ad X *t* parallelas esse angulosque BPX ad PXT, & *bp* X ad *p*X*t* æquales. Sed, ex hypothesi, est PX. BP: : *p*X. *p b*, & proinde ang. *bp*X major ang. BPX, per Corol. I, Lem. V. ; hoc est, ang. *p*X*t* superat ang. PXT. Q. E. D.

CASUS II.

Incidentibus vero Radiis angulum definite magnum cum refringente superficie constituentibus, propositum sic patebit. Sit HX (*Fig.* 43. *Tab. X.*) recta, secundum quam incidunt ; &, cum e medio minus raro adveniunt, sit X M minime refractus, & X N maxime refractus. Cum vero adveniunt e magis raro, sit X *m* minime refractus, & X *n* maxime refractus. Adhibeantur etiam obliquissimi incidentes Radii I X cum eorum refractis XT, XP, X*t*, & X*p*, quales jam descripsimus. Ita scilicet, ut, cum tanta sit anterioris medii raritas, ut Radios HX incurvari versus M, & N faciat, tunc etiam consimiles Radios I X incurvet versus T, & P, Cum vero tanto major sit ejus raritas, ut illos cogat versus *m*, & *n*, tunc hosce simul cogat versus *t*, & *p*. Sit insuper APD circulus centro X & intervallo quolibet AX descriptus, qui secet hosce refractos Radios in T, P, M, N, *t*, *p*, *m*, *n*, a quibus ad perpendiculum BX demittantur sinus Refractionum TB, PC, MF, NG, *t b*, *p c*, *m f*, *n g*; & ex lege Refractionum patebit esse TB. PC: : MF. NG; & *t b*. *p c* : : *m f*. *n g*; & insuper, ex hypothesi & constructione, patebit esse TB sinuum istorum maximum, & *n g* minimum. Adeoque, per Corol. III. Lem. VI. *, est ang. TXP ad ang. MXN majore in ratione quam ang. *t*X*p* ad ang. *m*X*n*; &, permutando, est ang. TXP ad ang. *t*X*p* in ratione majore quam ang. MXN ad ang. *m*X*n*. Verum, ex ostensis in primo casu, est ang. TXP minor ang. *t* X *p*. Quare & multo magis erit ang. M X N minor ang. *m* X *n*. Q. E. D.

PROPOSITIO XVII.

Heterogeneis Radiis e medio rariori in densius secundum eandem lineam in superficiem positione datam incidentibus, quo densius sit medium, in quod Radii incidunt, eo major erit differentia Refractionum ad certum usque terminum, & post, eo minor perpetuo.

Nam, si medium posterius densitate sua valde parum superat anterius, ita ut Re-

* Hoc modo accommodari possunt hæc ad cor. I. Lem. 5. Ponatur radius aliquis incidere ad superficiem *p*D secundum lineam XP, & refringi secundum lineam BP. Deinde ponatur alius ejusdem generis radius incidere in eandem superficiem secundum lineam X*p*. Constat jam (cum sit XP: BP: : X*p*. b*p*) radium hunc refringi debere secundum b*p*.

Digitized by Google

Refractiones indefinite parvas efficiat, differentia Refractionum erit etiam indefinite parva; & proinde minor quam foret, si medium posterius supponeretur densius, ut Refractiones evaderent majores. Quare, aucta medii posterioris densitate, augebitur dicta Refractionum differentia; quod si densitas ejus in infinitum augeatur, Refractiones etiam, quantum poterunt, augebuntur; hoc est, usque dum omnes refracti Radii perpendiculariter emergant, angulis Refractionum & eorum differentiis tunc prorsus evanescentibus. Quare differentia Refractionum rursus diminuta est, donec in nihilum evanuit.

SCHOLIUM.

Etsi limitis ejus determinatio, ubi differentia Refractionis evadit maxima, plus tædii & laboris administrare possit, quam utilitatis; cum tamen alicujus forte momenti censeatur densitatem medii cognoscere, quod Radiis in se refractis Colores maxime conspicuos efficiat, non pigebit hunc insuper designare, idque primo cum Incidentia sit obliquissima.

CASUS I.

Esto IX (*Fig.* 44. *Tab. X.*) communis Radiorum in superficiem AX, quæcunque media dirimentem, obliquissime incidentium via; & eorum refracti, ut ante, sunto X*p*, & X*t*; & agatur recta quævis *pt* præfatæ superficiei parallela, quæ Radiis istis occurrat in *p* & *t*, a quibus ad AX demissis perpendicularibus *p*C, *t*E, bissecetur CE in D, & centro D, distantia DX circulus describatur, secans C*p* in P, & E*t* in T, junganturque XP & XT. Dico, quod, cum ea sit posterioris medii densitas, ut Radiorum secundum IX incidentium maxime refrangibiles ad P, & minime refrangibiles ad T refringat, tunc angulus PXT quam maximus evadet. Etenim, utcunque medium posterius ponatur densum, refracti Radii ita lineas CP & CT in punctis *p* ac *t* secabunt, ut recta *pt* ipsi AX parallela sit. Quare, si ducatur linea D*r*, quæ lineas omnes *pt* bissecet, centrum cujuscunque circuli per *p* ac *t* transeuntis, semper jacebit in eadem D*r*. At angulus *p*X*t* est angulus in segmento circuli per puncta *p*, *t*, & X transeuntis, qui ideo erit maximus, cum ejusmodi circulus existit minimus; propterea quod ratio subtensæ *pt* ad circuli dimensiones tunc evadit maxima. Verum iste circulus fit omnium minimus, cum centrum ejus cadit in D; siquidem pro semidiametro tunc habet XD minimam refractarum, quæ ab X ad RD duci possunt. Est ergo angulus *p*X*t* tunc maximus, cum centrum circuli transeuntis per puncta *p*, *t*, & X cadit in D; adeoque, cum circulus XPT & angulus PXT ejusmodi sunt, liquet propositum.

Hinc obiter pateat hunc angulum PXT tunc etiam maximum evadere, cum talis est posterioris medii densitas, ut angulus Refractionis mediocriter refrangibilium Radiorum obliquissime secundum IX incidentium, sit semirectus; & eo minorem perpetim fieri, quo iste Refractionis angulus a semirecto (excessu, vel defectu) magis deviat. Quemadmodum, si Refractiones ex aere in aquam, in vitrum & in crystallum peractæ conferantur, e calculo patebit, quod, cum angulus Incidentiæ sit 90 gr. proxime, tunc angulus Refractionis in aquam erit major semirecto, inque vitrum erit minor. Quamobrem aqua minus densa est, & vitrum magis densum, quam ut efficiant angulum PXT maximum. Et proinde, cum crystallum sit adhuc densius, efficiet istum PXT minorem, quam vitrum efficeret. Et sic vitrum, etsi minus refringat, in isthoc tamen casu heterogeneos Radios in se refractos magis ab invicem dissipabit, quam crystallum; eoque pacto Colores in oppositam ejus superficiem projicit magis distinctos. Sed hæc expertu sunt difficillima, quod vitrum & crystallum densitate parum differant, nec possint haberi satis crassa; & si possent, tunc, propter maximam crassitiem, haud forent satis perspicua.

Digitized by Google

CASUS II.

Quod si linea, secundum quam incidunt Radii, non sit maxime obliqua, Problema emergit solidum. Sed lubet modum ostendere, quo, conditionibus ejus nonnihil mutatis, ad planum reduci poterit. Sciendum est itaque, quod, cum inter extremos, seu maxime difformes Radios, innumeri sint intermedii, qui gradibus continue successivis & infinite parvis, alii magis aliis refringuntur, differentia Radiorum extremorum conflata erit ex consimilibus intermediorum differentiis, numero & parvitate infinitis. Jam, cognitis proprietatibus istarum infinite parvarum differentiarum, possumus exinde de omnibus simul aggregatis, sive de differentiis finite parvis, quales intercedunt extremorum Refractionibus, judicium ferre, præsertim cum istæ differentiæ sint admodum exiguæ. Sic, cognito quod infinite parvæ differentiæ augentur, diminuuntur, vel simul maximæ evadunt aut minimæ, concludendum erit, quod omnium summa perinde augetur, diminuitur, vel maxima fit, aut minima. Quod si non sint omnes simul maximæ vel minimæ, tamen summa pro maxima vel minima haberi potest, cum id accidit intermediæ parti. Sic, omnium Colorum latitudo tunc maxima censeri possit, cum id accidit Viriditati. Jam, licet Problema propositum, cum de differentiis finite parvis agitur, existat solidum, si tamen instituatur de differentiis infinite parvis ad planum reduci potest. Verum huic solvendo nolo obnixe incumbere, sed breviter tantum ostendam, quo pacto calculus in hoc & ejusmodi aliis sit ineundus, ut ad æquationem perveniatur, ex qua maximus angulorum infinite parvorum possit elici. Et insuper ex eodem fundamento determinabo proportiones differentiarum Refractionis respectu diversorum mediorum, quas in præcedentibus quatuor Propositionibus generaliter tantum descripsi.

Primo itaque investiganda est regula, vel æquatio, qua, ex uno utcunque refracto Radio dato, refractus alter cum eo constituens angulum infinite parvum cognosci poterit. Radiis e medio data densitate in medium cujuslibet densitatis secundum obliquissimam lineam IX (*Fig.* 45. *Tab. X.*) ut prius, incidentibus, sint XR & X*r* refracti duo, quorum alter XR sit altero X*r* paulo magis refrangibilis, differentia tamen infinite parva; & agatur lineola quævis R*r*, his in R & *r* occurrens, & refringenti superficiei parallela. Ad quam superficiem normales etiam RD, *rd* demittantur, quas datam finitamque distantiam ab X, ab invicem vero infinite parvam habere fingito. Sed lineolam R*r* cum Radiis per R, & *r* transeuntibus, plus aut minus ab XD vergere (quemadmodum in præcedentibus) concipito, pro varia posterioris medii assumenda densitate. Jam, si recta DR secet Radios X*r* in M, & IX in K; cum infinite parvum triangulum RM*r* sit simile triangulo DMX, a quo triangulum KRX non nisi infinite parvis differentiis RXM & DXK discrepat, quæ dissimilitudinem non inferunt; triangula etiam RM*r* & KRX pro similibus haberi debent. Et proinde, demissis perpendicularibus KL & RN, erit KX. LR : : R*r*. MN. Adeoque, cum sit $LR = \frac{XRq - XKq}{XR}$, (nam est XR. KR) $= \sqrt{XRq - XKq}$ (: : KR. RL, erit etiam $MN = \frac{XRq - XKq}{XR \times XK}$ in R*r*; quæ differentia est inter XN, sive XR, & XM. Et inde erit $XM = XR - \frac{XRq + XKq}{XR \times XK}$ in R*r*. Inventa est itaque relatio inter XK, XM, & XR, cum angulus IXA sit infinite parvus. Quinetiam, utcunque IX obliqua ponatur, illæ XK, XM, & XR eandem relationem observabunt, siquidem reciproce sunt ut sinus Incidentiæ & Refractionis, & proinde inventa est etiam inter eas relatio pro quavis obliquitate incidentis IX. Atque ita cognitis, aut utcunque ad arbitrium assumptis, XK & XR, inde XM simul cognoscitur. Quod primo determinandum proposui.

Quam-

Digitized by Google

Quamobrem sit IX linea datum quemvis angulum AXI cum refringente superficie constituens, ceterisque stantibus, erit $MN = \frac{XRq - XKq}{XR \times XK}$ in Rr. Insuper est RD ($= \sqrt{XRq - XDq}$). XD :: MN. NR, atque adeo est NR $= \frac{XRq - XKq \text{ in } Rr \times XD}{XR \times XK \times \sqrt{XRq - XDq}}$. Quod, si NR dividatur per XR, prodibit sinus anguli RXN respectu circuli, cujus semidiameter sit unitas. Quare, cum angulus iste & sinus ejus sunt maximi, ad maximum angulum determinandum quærenda erit maxima quantitas $\frac{NR}{XR}$, hoc est maximum $\frac{XRq - XKq \text{ in } Rr \times XD}{XRq \times XK \times \sqrt{XRq - XDq}}$ sive (facta per datum $\frac{Rr \times DX}{XK}$ divisione) quærendum erit maximum $\frac{XRq - XKq}{XRq \times \sqrt{XRq - XDq}}$; id, quod per methodos de *maximis* & *minimis* satis notas fieri potest; &, prodibit $XRqq = 3XKq \times XRq - 2XKq \times XDq$, cujus æquationis constructio est ejusmodi. A puncto quolibet incidentis Radii IX (*Fig.* 46. *Tab. X.*) demitte perpendiculum IA, & in eo sume AF = AX; &, XI producto ad B, ut sit IB $= \frac{1}{2}$ IX, super BX describe semicirculum BEX, cui inscribe XE = XF; dein XB produc ad C, ut sit BC = BE. Super CX describe semicirculum CGX, quem in G secet perpendiculum IG super Diametro ejus ad I erectum. Denique, centro X & intervallo GX describatur arcus GH secans AI productum in H. Ducatur HX & producatur versus R; eritque RX ipsius IX refractus, cum tanta sit posterioris medii densitas, ut differentia Refractionis RXM fiat omnium maxima. Quo invento, densitas posterioris medii talem Refractionem efficientis facile dabitur. Concipe ergo Radios XR & Xr esse mediocriter refrangibiles, diverso tamen gradu, & posterius medium sic inventum non modo inter istos, sed & inter extremos, seu maxime difformes Radios, maximam circiter quam potest Refractionis differentiam efficiet.

Sin autem hujusmodi differentiarum proportiones ad variam raritatem, vel densitatem mediorum desiderentur; e jam ostensis facile determinabuntur, dummodo ponantur infinite parvæ. Sic, raritate vel densitate posterioris medii tantum variata, ut Radii secundum IX (*Fig.* 47. *Tab. X.*) incidentes, nunc refringantur ad M & R, nunc ad *m* & *r*; ductaque qualibet DK ipsi DX normali, quæ secet eos in K, M, R, *m*, & *r*, erit angulus infinite parvus MXR ad consimilem angulum *m*X*r*, sicut $\frac{XRq - XKq}{XRq \times RD}$, ad $\frac{Xrq - XKq}{Xrq \times rD}$. Quod si raritas vel densitas prioris medii varietur, non mutato posteriori medio, Analysta facile deprehendet, quod (in *Fig.* 45. *Tab. X.*) sit $MN = \frac{XRq - XKq}{XK}$ in Rr; & proinde quod (in *Fig.* 47.) sit ang. MXR ad ang. *m*X*r* :: $\frac{XRq - XKq}{XR \times RD}$. $\frac{Xrq - XKq}{Xr \times rD}$; non enim perinde est, sive raritas sive densitas anterioris medii, sive posterioris medii varietur, ut e præostensis pateat.

Propositiones præcedentes ad Luminis e longinquo manantis diffusionem spectant. In duabus sequentibus agitur de Refractione Luminis e propinquo manantis.

Digitized by Google

PROPOSITIO XVIII.

Heterogeneis Radiis a dato puncto ad datum punctum per superficiem positione datam refractis, quo medium densius sit magis densum, eo major erit eorum ad invicem inclinatio ex parte medii utriusque ad certum usque terminum, & post, erit eo minor.

Scilicet, cum densitas ejus haud major sit quam densitas alterius medii, ut Refractio fiat infinite parva, tum differentia Refractionis erit etiam infinite parva; & proinde augebitur ex aucta densitate. Quod si densitas ejus in infinitum augeatur, tum omnium Radiorum in illud incidentium refracti perpendiculariter emergunt; (§. XLII.) & e contra, soli perpendiculares possunt ingredi medium rarius e densiori (§. XLV.); unde, omnes Radii a puncto ad punctum refracti tunc pergent in iisdem lineis, sive coincident; & sic differentia Refractionis rursus in nihilum evanescet.

PROPOSITIO XIX.

Heterogeneis Radiis a dato puncto ad datum punctum per superficiem positione datam refractis, quo medium rarius sit magis rarum, eo major eorum erit ad invicem inclinatio ex parte medii utriusque.

Sit AT (*Fig.* 48. *Tab. X.*) superficies ita refringens difformes Radios FTX, FPX, ut, manantes ab eodem puncto F, in idem rursus conveniant ad X. Dico, (si medium prius esset rarius, ut præfati Radii adhuc magis refringerentur, puta, FTX secundum F*t*X, & FPX secundum F*p*X,) quod angulus *p*X*t* foret major angulo PXT, ut & angulus *p*F*t* major angulo PFT.

Ad abbreviandum prioris Casus demonstrationem, ponamus Radios esse quam minime difformes, ut, propter infinite parvam differentiam Refractionis, angulos PXT & *p*X*t* constituant infinite parvos. (Consule Cas. II. Schol. ad prop. XVII.) Tum ducatur TK refractus Radii conformis ipsi FPX, ut infinite parvus angulus KTX sit differentia Refractionis Radiorum secundum eandem FT incidentium; & pari modo ducatur *tk* refractus Radii conformis ipsi F*p*X, ut angulus infinite parvus *kt*X existat differentia Refractionis Radiorum secundum eandem F*t* incidentium. Liquet ergo, quod, cum Radius F*t* sit obliquior quam FT, atque etiam in medium densius incidat, erit *kt*X major angulo KTX. Ad hæc, producantur KT, & *kt*, donec in punctis D, ac *d*, secent lineam FA, quæ sit plano AT perpendicularis, & ultra producantur ad *f* & *g*, ita ut sit $\frac{FAq}{FT} . \frac{DAq}{DT}$ :: TF. T*f*, & $\frac{FAq}{Ft} . \frac{dAq}{dt}$ :: *t*F. *tg*, & erunt puncta sic inventa, *f*, & *g*, foci Radiorum FTX & F*t*X, per Prop. VIII. Cas. II.. Et inde X*f*. T*f*:: ang. KTX ad ang. PXT; ut & X*g*. *tg* :: ang. *kt*X ad ang. *p*X*t*, (Cas. III. Schol. Prop. XII.) Istæ quidem proportionalitates non sunt omnino veræ, ubi anguli præfati, per differentiam Refractionis effecti, ponuntur esse definitæ alicujus magnitudinis; sed ad veritatem eo magis accedunt, quo anguli isti statuuntur minores, adeo ut in angulis infinite parvis pro accurate veris haberi debeant. Jam, cum, ex hypothesi, sit A*t* major AT, erit etiam X*t* minor XT, ut & *tg* major T*f*, quemadmodum patet ex determinatione punctorum *g*, & *f* supra posita. Quamobrem est *tg*. T*f* in majore ratione *t*X. TX; vel, permutando, *tg*. *t*X majorem habet rationem, quam T*f*. TX; &, componendo, *tg*. X*g* habet majorem rationem, quam T*f*. X*f*; hoc est, substituendo rationes hisce æquales, ang. *p*X*t* ad ang. *kt*X majorem rationem habet, quam ang. PXT ad ang. KTX; &, permutando, *p*X*t*. PXT est in majore ratione, quam *kt*X. KTX. ut dictum fuit; & ideo multo magis est ang. *p*X*t* major ang. PXT. Q. E. D.

Et

Digitized by Google

Et hinc vero de posteriori casu, quod semper sit *pFt* major angulo PFT, fiat conjectura; siquidem demonstrationem longe difficiliorem postularet, & his tamen multa impendisse verba jamdudum pertæsum est. Hæc itaque de Refractionibus solitariæ superficiei sufficiant.

De Radiorum bis refractorum affectionibus.

Quod si gemina sit Refractio, proinde ut in Prismatibus contingit, quorum phænomena præsertim explicare statui, Radiorum sic refractorum passiones e præcedentibus ita manifestæ sunt, ut circa illas parum negotii interesse videatur. De parallelis quidem superficiebus nihil aliud occurrit observandum, quam quod posterior tantum recurvat Radios, quantum prior incurvat. De inclinatis vero sequentia notentur.

PROPOSITIO XX.

Homogenei Radii ad Prisma divergentes, post utramque Refractionem divergere pergent.

Patet per Prop. VII.

Atque idem de parallelis, vel convergentibus Radiis intellige; quod, nempe, post utramque Refractionem manebunt paralleli vel convergentes.

SCHOLIUM.

Quod si punctum, a quo quilibet infinite propinqui post utramque Refractionem divergunt, sive locus imaginis trans Prisma conspicuæ, desideretur, inventio ejus a Schol. ad prefatam Prop. VIII. manifesta est. Sed ut promptius fiat conjectura, juvabit adhibere Theorema hocce mechanicum. Quod imago ad eandem illam circiter distantiam post Prisma apparebit, quam habet objectum, cujus est imago, dummodo Refractiones hinc & inde non sint admodum inæquales.

PROPOSITIO XXI.

Ex heterogeneis Radiis ad Prisma divergentibus, aliqui post utramque Refractionem convergent.

Id, quod constat ex Prop. X. & XII. Scilicet ex illis, qui in plano ad utraque refringentia plana perpendiculari jacent, magis refrangibiles ex Incidentia paulo obliquiori convenient cum minus refrangibilibus, atque idem in innumeris aliis fere planis superficiebus continget.

PROPOSITIO XXII.

E Radiis itaque sic a puncto ad punctum, sive ab objecto ad Oculum refractis, alii ad verticem Prismatis gradatim aliis priores transibunt, pro eo ut sint magis ac magis refrangibiles.

Per Prop. X. unde Colorum ordines definiuntur, de quibus post hæc.

PROPOSITIO XXIII.

Quo major est angulus verticalis Prismatis, ceteris paribus, differentia Refractionis fiet eo major, & inde Colorum apparentia dinstinctior.

Et hoc manifestum est e Prop. II.

PRO-

Digitized by Google

PROPOSITIO XXIV.

Quo densior est Prismatis materia, vel quo rarius est medium circumfluum, ceteris paribus, eo major erit Refractionis differentia, & inde Colorum apparentia manifestior.

Scilicet posterior casus e Prop. XIV., & XVI. patet. Priorem vero, ne per Prop. XVII. in dubium revocetur, sic ostendo. Concipe magis refrangibilem Radium PD, (*Fig.* 49. *Tab. XI.*) & minime refrangibilem TD sic in Prisma ad idem quodvis punctum D incidere, ut refracti pergant in eadem linea D*d*; ac, denuo in *d* refracti, divergant versus *p* ac *t*. Quo posito, constat, per Prop. XV., quod angulus *p d t*, ex aucta Prismatis densitate augebitur; deque angulo PDT par est ratiocinatio; si modo Radii consimiles, secundum easdem lineas retrocedere concipiantur. Patet itaque assertio de Radiis in Prismate coincidentibus, & inde etiam de parallelis.

LEMMA VII.

Radiis tribus homogeneis b I, *g* I, *d* I (Fig. 50. Tab. XI.) *e medio densiori in rarius per superficiem* IK *refractis, si differentiæ Incidentiarum b* I *g*, *g* I *d sint æquales, summa refractorum angulorum extremis Radiis effectorum, erit duplo major anguli refracti per intermedium Radium effecti; hoc est, refractis Radiis retroactis ad* B, G, *ac* D: *Dico, quod sit angulus* BI*b* + DI*d major* 2 *ang. g*IG.

Etenim, descripto quovis circulo ADG tangente refringentem superficiem in I, cujus diameter sit AI, quique dictos Radios secet in *b*, *g*, *d*, B, D, G. Quandoquidem anguli *b* I *g*, & *g* I *d* sint æquales, erunt etiam arcus *b g* & *g d* æquales. Sed ductis A*g*, A*b*, &c., erunt A*b*, A*g*, A*d* sinus Incidentiarum, adeoque inter se ut sunt AB, AG, AD sinus Refractionum. Quare, (per Lem. VI.,) est arcus DG major arcu GB; & inde 2*g*G minor est 2*g*G + GD − GB − *g*D + *g*B = *g*D − *g d* + *g b* + *g*B − D*d* + B*b*; hoc est, 2*g*G minor est D*d* + B*b*, sive angulus BI*b* + ang. *d*ID superat 2 ang. *g*IG. Q. E. D.

PROPOSITIO XXV.

Homogeneis Radiis a Prismate refractis, angulus, quem incidentes & emergentes comprehendunt, tunc maximus evadit, cum æqualis est hinc & inde Refractio.

Sit ABC (*Fig.* 51. *Tab. XI.*) Prisma, GRSN Radius utrinque æqualiter refractus ad R & S; & IPQL alius Radius refractus inæqualiter, magis quidem ad P, minus ad Q; & producantur hi Radii donec sibi occurrant, IP & QL in T, GR vero & NS in V. Dico angulum RVS esse majorem angulo PTQ. Quod ut pateat, concipe Radios in lineis PQ & RS hinc inde pergentes utrinque egredi Prismate; & sic e medio densiori in rarius refringi. Nam, in triangulis CPQ, CRS, cum angulus C communis sit, ceterorum angulorum summæ erunt æquales; & proinde, cum CRS sit isosceles, duplum anguli CSR æquabitur angulis CPQ + CQP. Quamobrem Radii QP Incidentia ad P tanto major est Incidentia Radii RS ad S, quanto eadem Incidentia sit major Incidentia PQ ad Q. Trium itaque Incidentiarum differentiæ sunt æquales; adeoque, juxta Lemma præmonstratum, summa refractorum angulorum, per Incidentiam maximam & minimam effectorum, major erit duplo anguli refracti per Incidentiam mediocrem effecti. Hoc est, ang. QPT + ang. PQT superant 2 ang. RSV, sive majores sunt ang. RSV. + ang. VRS. Itaque, cum in triangulis PTQ & RVS summa angulorum ad basin PQ sit major summa eorum ad basin RS, erit angulus verticalis RVS major angulo verticali PTQ. Q. E. D.

LEM-

Digitized by Google

LEMMA VIII.

Si secundum tres lineas b I, *g* I, *d* I (Fig. 52. Tab. XI.) *æquales angulos b* I *g*, *g* I *d continentes, tres Radii minime refrangibiles incidant ad* I *in superficiem* I K, *& e medio densiori in rarius refringantur, quorum refracti retrorsum producti sint* I B, I G, I D; *& præterea, si trium maxime refrangibilium Radiorum, secundum easdem lineas b* I, *g* I, *d* I *incidentium, refracti retrorsum producti sint* I b, I g, I d, *differentia Refractionis Radiorum, quorum Incidentia est minima, una cum differentia Refractionis eorum, quorum Incidentia est maxima, major erit quam dupla differentia Refractionis eorum, quorum Incidentia est mediocris. Hoc est, ang.* B I b + *ang.* D I d *superant* 2 *ang.* G I g.

Etenim, descripto quovis circulo A D I, tangente refringentem superficiem In I, cujus diameter sit A I, quique præfatos Radios in punctis *b*, *g*, *d*, B, b, G, g, D, d secet; concipe subtensas ab A ad quodlibet illorum punctorum duci; & erunt A *b*, A *g*, A *d* inter se, ut sunt A B, A G, A D, atque etiam, ut sunt A b. A g, A d. Unde sequitur, quod A B, A G, A D inter se sunt, ut A b, A g, A d. Et præterea, per Lem. VI., quod sit arcus G D major arcu B G, & arcus g d major arcu b g. Jam fiat arcus G M = B G, eritque G D major G M, & A D major A M. Item in peripheria A D sume punctum quoddam N sub hac conditione, ut, si concipias A M, A N subtensas duci, sit A B. A b :: A M. A N, & erunt A B, A G, A M inter se, ut sunt A b, A g, A N; adeoque, cum arcus B G ac G M sint æquales, erit summa arcuum B b + M N (per Lem. VII.), major duplo arcu G g. Sed, cum sit A M. A N :: (A B. A b ::) A D. A d; vel, converse, A M. A D :: M N. D d, propter A D majorem quam A M, erit arcus D d major arcu M N; &, utrobique addito arcu B b, erit arc. B b + arc. D d major arc. B b + arc. M N; & multo magis erit arc. B b + arc. D d major duplo arcu G g, sive ang. B I b + ang. D I d major 2 ang. G I g. Q. E. D.

PROPOSITIO XXVI.

Heterogeneis Radiis a Prismate refractis, differentia angulorum, quos incidentes cum emergentibus constituunt, tunc minima evadit, cum æquales sunt utrobique Refractiones.

In Prismate A B C (*Fig.* 53. *Tab. XI.*) sumatur C R æqualis C S; & R S ducatur, ut & alia quævis linea P Q, quæ non sit parallela ad R S; & concipe Radios in Prismate secundum has lineas P Q & R S hinc inde pergentes, ad puncta P Q R, & S egredi, & maxime refrangibiles versus K, M, H, & O refringi, ac minime refrangibiles versus I, L, G, & N. Dico, quod Refractionum inæqualiter ad P, & Q factarum differentiæ simul sumptæ I P K + L Q M sint majores, quam H R G + N S O, differentiæ Refractionum æqualiter ad R, & S factarum simul sumptæ. Nam, Incidentiarum ad P, Q, & S differentiæ sunt æquales, ut ostensum erat in Prop. præcedenti, atque adeo, per Lem. VIII., differentia Refractionis Radiorum difformium ad P, ubi maxima est Incidentia, una cum differentia consimili ad Q, ubi minima est Incidentia, excedit duplum consimilis differentiæ ad S, ubi Incidentia mediocris est. Hoc est, ang. I P K + ang. L Q M major 2 ang. N S O. Sive, cum G R H & N S O æquentur ang., I P K + ang. L Q M superant ang. N S O + ang. G R H. Q. E. D.

SCHOLIUM.

Posui quidem Radios e Prismate utrobique egredi; sin pergant ab I, & K per P, & Q ad L, & M; & a G, & H per R, & S versus N, & O, linearum positiones, & quantitates angulorum non inde mutabuntur; & proinde demonstratio præfata

Digitized by Google

fata tunc etiam valebit; & propter eandem rationem valebit etiam, cum Radii, ad Prisma divergentes, evadunt in Prismate paralleli. Quod idem de propositionum XXIV & XXV demonstrationibus itidem intellige. Quinetiam in aliis quibuscunque casibus, ubi divergunt ante Refractionem, & post convergunt, vel in Prisma incidunt paralleli, non adeo multum a parallelismo intra Prisma recedunt unquam, quin ut anguli vel differentiæ angulorum, quos incidentes cum emergentibus constituunt, pro iisdem, circiter, haberi possint, ac si intus essent paralleli; adeoque dictas Propositiones ad omnes omnino casus extendi.

PROPOSITIO XXVII.

Si denique Radiis, a dato puncto F *ad datum punctum* X *per Prisma* ABC (Fig. 54. Tab. XI.) *positione datum refractis, desiderentur Anguli* DFE, GXH, *quos heterogenei comprehendunt*,

Problema ex eorum numero est, quæ Veteres linearia dixere; at sequens mechanica solutio, quantum exigunt res practicæ, veritati appropinquat. Finge summam angulorum DFE + GXH æqualem esse angulo NMO, quem Radii duo, alteris FD & FE, quoad Refrangibilitatem consimiles, ac juxta quamvis lineam LM, rectæ angulum DFE bissecanti quamproxime parallelam incidentes, post binam Refractionem constituunt. Et e Radiis ad X refractis, aliquem GX, cum incidente Radio FD convenientem in V, produc ad *f*, ut sit *f* locus imaginis, quam objectum F Oculo in X constituto exhibet. Dein ang. OMN ac distantiis *f*X & *f*V mechanice cognitis, dic esse *f*X. *f*V : : ang. NMO ad ang. GXH; & erit GXH, quem quæris, proxime; quemadmodum ex ostensis ad Schol. Prop. XII., quodammodo manifestum est. Cum Refractiones utrobique non sunt admodum inæquales, res expeditius absolvitur per Schol. ad Prop. I., fingendo esse VX. FV : : ang. DFE ad ang. GXH; vel, composite, FV + VX. FV : : ang. NMO ad ang. GXH.

PARS PRIOR.

SECTIO QUARTA.

De Refractionibus curvarum superficierum.

HÆc de Refractionibus planorum: De curvis & præsertim sphæricis superficiebus jam agendum est, quarum doctrinam, respectu homogeneorum Radiorum, sequentibus Propositionibus complecti conabimur.

PROPOSITIO XXVIII.

Radii in curvam superficiem incidentis refractum ducere.

Nempe eadem est Refractio Radii a Curva ac est a plano contingente Curvam in puncto Refractionis. Quære ergo refractum a contingente plano per Prop. III.

PROPOSITIO XXIX.

Si Radii, seu paralleli, seu ad punctum aliquod contermini, se sphæræ objiciant refringendos, refractorum axi quam proximorum concursum sive focum determinare. *

Sit

* Vid. *Barrovv Lect. Opt.* L. XIV. ad finem.

Digitized by Google

Sit A (*Fig.* 55. *Tab. XI.*) punctum Radios ejaculans versus sphericam superficiem BNP centro C descriptam; e vertice & centro erige ad axem AC perpendiculares BH, & CI, ipsisque occurrentem in H & I age quamlibet A I per punctum A. Tum, a puncto C versus I, cape CR, quæ sit ad CI ut sinus Refractionis ad sinum Incidentiæ, & age rectam H R occurrentem A C in Z; & erit Z concursus refractorum, quem oportuit determinare. Sit enim AN Radius axi vicinissimus incidens ad N, & occurrens CI in K. Age NZ occurrentem CI in *g*; &, ut mos est, concipe infinite parvum arcum BN æqualem esse BM segmento rectæ BH ad Radium AK terminato; & erit CI. BH :: CK. BN, ac BH. CR :: BN. C*g*, &, ex æquo, CI. CR :: CK. C*g*, Hoc est, CK. C*g* ut est sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis. Et proinde, cum anguli CAK & CZ*g*, ex hypothesi, sint infinite parvi, adeoque CK ad AN, & C*g* ad NZ perpendiculares, vel saltem æquipollentes perpendiculis, erit NZ refractus ipsius AN. Q. E. D.

COROLL. I.

Posito I ad R ut est sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis, erit $\frac{I}{R}$ AB. AC :: BZ. CZ. Est enim $\frac{I}{R}$ AB. AB :: (I. R ::) CI. CR; & AB. AC :: BH. CI. Et, ex æquo perturbate, $\frac{I}{R}$ AB. AC :: (BH. CR ::) BZ. CZ.

COROLL. II.

Si quando punctum A infinite distet, seu parallelos Radios ejaculetur; tum, propter æquales BH & CI, erit I. R :: BZ. CZ. Atque ita, si refracti Radii paralleli sunt, tum propter æquales BH & CR, erit I. R. :: AC. AB.

COROLL. III.

Si e quatuor punctis A, B, C, & Z, tria quævis dentur, potest quartum inveniri, ut e sequentibus exemplis patebit.

EXEMPL. I.

Dentur A, B, C, & quæratur Z. Scilicet est $\frac{I}{R}$ AB. AC :: BZ. CZ. adeoque divisim, $\frac{I}{R}$ AB — AC. AC :: BC. CZ.

EXEMPL. II.

Si, datis A, B, & Z, quæratur C; cum sit $\frac{I}{R}$ AB. AC :: BZ. CZ, vicissim erit, $\frac{I}{R}$ AB. BZ :: AC. CZ, &, composite, $\frac{I}{R}$ AB + BZ. BZ :: AZ. CZ.

EXEMPL. III.

Si datis A, C, & Z, quæratur B; cum sit $\frac{I}{R}$ AB. AC :: BZ. CZ, sive A

B. $\frac{R}{I}$ A C : : BZ. C Z, viciſſim erit $\frac{R}{I}$ A C. C Z : : AB. B Z; &, compoſite, $\frac{R}{I}$ A C + CZ. CZ : : AZ. BZ.

Poſſunt eadem determinari per ductum linearum; veluti ſi, datis A, B, & Z, quæratur C. Erige ad A Z normalem BH cujuſvis longitudinis, & in ea cape B G, quæ ſit ad BH, ut I ad R; junge AH & GZ occurrentes in I, & I C normaliter demiſſa ad A Z incidet ad punctum quæſitum C.

NOTA 1. Quod Z ſit locus imaginis objecti A per Refractionem exhibitæ, cum Spectatoris Oculus in axe ultra Z conſtituitur.

2. Si quando refracti Radii divergant, vel incidentes convergant, vel ſint paralleli, ſimilis erit Problematis conſtructio, mutatis tantum ſuo modo mutandis.

3. Si e puncto A emiſſi Radii per plures ſphæricas ſuperficies, eundem axem A C retinentes, ſucceſſive tranſmittantur, ad concurſum poſt omnes Refractiones determinandum, quære primo concurſum Radiorum poſt primam Refractionem; deinde concurſum eorundem poſt ſecundam Refractionem, juxta ac ſi primario emiſſi fuiſſent e puncto præcedentis concurſus; & ſic deinceps, donec ad ultimum concurſum deventum ſit. Atque hoc pacto locus imaginis objecti cujuſvis, per Teleſcopium, vel Microſcopium viſi, determinari poteſt.

4. Ope Corol. III. Lentes ex ſphæricis ſuperficiebus confici poſſunt, quæ Teleſcopiis modo quolibet deſignato conſtituendis inſervient. Patet enim ex illo Corollario, quod non tantum Refractiones datarum Lentium inveſtigari poſſunt, ſed & Lentes delineari, quæ datas Refractiones peragent.

L E M M A IX.

Ad datam quamvis Curvam concurſum axis & viciniſſimi perpendiculi determinare.

In *Fig. 56. Tab. XII.* ſit BNn Curva, & ad quodvis ejus punctum n indeterminate ſpectatum quære perpendiculum nc, per notas methodos ducendi perpendicula Curvarum; & ſimul invenies longitudinem Bc. Tum, (demiſſo ad Bc normali nt,) finge Bt; vel nt, infinite parvam eſſe, ſeu nullam, & emergit longitudo BC, cujus terminus eſt ad concurſum axis cum viciniſſimo perpendiculo.

E X E M P L. I.

Sit BNn Parabola, cujus latus rectum r, & Bt dic x, erit Bc $= x + \frac{1}{2} r$, ut notum eſt. Pone jam $x = 0$, & reſtabit $\frac{1}{2} r$ pro longitudine B C ad verticem.

E X E M P L. II.

Sit BNn Ellipſis, cujus latus rectum r, & tranſverſum q; eritque, (ut notum eſt,) Bc $= x - \frac{rx}{q} + \frac{1}{2} r$. Jam pone $x = 0$, & reſtabit iterum $\frac{1}{2} r$ pro longitudine BC ad verticem. Nec ſecus in Curvis magis compoſitis procedendum eſt.

P R O P O S I T I O XXX.

Radiis in curvam quamvis ſuperficiem quamproxime perpendiculariter incidentibus, refractorum concurſum, ſeu focum, determinare.

Eſto

Digitized by Google

Esto P B Q (*Fig.* 57. *Tab. XII.*) Curva quævis ; A commune punctum , seu concursus incidentium Radiorum ; A B Radius perpendicularis , sive axis ; & A N Radius quamproxime perpendicularis , sive axi proximus ; sitque N C ad Curvam perpendicularis, axique A C occurrens ad C. Et puncto C, per Lem. IX., invento, erige ad B & C perpendicula BH & CI, quibus in H & I occurrentem age quamvis A I. Versus I cape C R , quæ sit ad C I ut sinus Refractionis ad sinum Incidentiæ , & recta H R occurret ipsi A B in quæsito refractorum concursu Z.

Probatur ad modum præcedentis Propositionis , & huic etiam consimilia Corollaria & Notæ competunt.

PROPOSITIO XXXI.

Parallelis Radiis in Sphæram incidentibus, refractorum ab axe remotorum errorem a principali foco determinare.

In *Schem.* 58. *Tab. XII.* sit N B M Sphæra ; C centrum ejus : C B semidiameter incidentibus Radiis parallela ; A N Radius incidens ; & N K refractus ejus, occurrens axi, seu semidiametro CB, in K ; &, posito F principali foco ; id est, in quem Radii prope axem jacentes congregantur, quærendus erit error F K. Demitte ergo perpendiculares CE in NK, & NG in CK ; & dic CB $= a$; GB $= x$; & CK $= z$; atque ex natura circuli erit NGq $= 2ax - xx$; cui adde GKq, hoc est, $zz + 2xz - 2az + xx - 2ax + aa$; & prodibit NKq $= zz + 2xz - 2az + aa$. Jam, cum N G sit ad C E ut sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis , sive ut I ad R , & , propter similitudinem triangulorum CEK & NGK, NK & CK sint in eadem ratione, erit II. RR :: (NKq. CKq ::) $zz + 2xz - 2az + aa$. zz; adeoque $II\,zz = zz + 2xz - 2az + aa$ in RR, & , facta reductione , $zz = \frac{2RRaz - 2RRxz - RRaa}{RR - II}$, extractaque radice, $z = \frac{RRa - RRx + R\sqrt{IIaa - 2RRax + RRxx}}{RR - II}$, ac radicali in infinitam seriem redacta, $z = \frac{Ra}{R - I} - \frac{RRx}{IR - II} - \frac{R^3x^2}{2I^3a} - \frac{R^5x^3}{2I^5a^2}$, &c. Jam , cum per Corol. II. , vel III. , ad Prop. XXIX. , sit $\frac{Ra}{R - I} = CF$, (id , quod etiam innotescit ex valore z jam invento, fingendo esse $x = 0$,) ex hoc C F subduc inventum valorem z & restabit $\frac{RRx}{IR - II} + \frac{R^3x^2}{2I^3a} + \frac{R^5x^3}{2I^5a^2}$ &c. pro valore erroris KF, quem quærimus.

COROLL. I.

Si BG, sive x, ponatur valde exigua, erit $\frac{RRx}{IR - II}$ quamproxime æqualis KF; tunc enim quantitates $\frac{R^3x^2}{2I^3a} + \frac{R^5x^3}{2I^5a^2}$, &c., propter ascendentes potestates ejusdem x, evadunt admodum exiguæ, & respectu termini $\frac{RRx}{IR - II}$ pro nullis haberi possint.

COROLL. II.

Quinetiam, si statuas $NG = y$, erit $\frac{RRyy}{2IRa - 2IIa} = KF$, circiter. Etenim est $NGq = BG \times BC + CG$, sive $= BG \times 2BC$ proxime, hoc est, $yy = 2ax$ fere, vel $\frac{yy}{2a} = x$, & substituendo $\frac{yy}{2a}$ pro x in valore ipsius KF, emerget $\frac{RRyy \quad 2a}{2IRa - 2IIa} = KF$.

COROLL. III.

Hinc errores KF sunt ut sagittæ GB, vel ut quadrata semichordarum NG.

COROLL. IV.

Si Radius ANK detur positione, & paralleli alicujus, axique proprioris & ad alteras axis partes incidentis, Radii an refractus nk ducatur, secans axem in k, & hunc refractum NK in Q, & ad axem demittatur normalis Qo; linea Ko evadet omnium maxima, ubi Radius an duplo minus distat ab axe circiter, quam Radius alter AN. Demissa enim ad axem normali ng, ponatur $ng = v$; $Ko = s$; $GK = f$; & $KF = h$; &, per Corol. III. hujus, erit $yy. vv :: KF. Fk$. Adeoque $kF = \frac{hvv}{yy}$, quo a KF subducto, restat $\frac{hyy - hvv}{yy} = Kk$.

Præterea est $GK. GN :: Ko. Qo$; adeoque $Qo = \frac{ys}{f}$: Item $gn. GK$ ($= gk$ proxime,) $:: Qo. ok$; quare $ok = \frac{ys}{v}$. Huic adde Ko, & iterum prodit $Kk = \frac{vs + ys}{v}$. Quamobrem est $\frac{vs + ys}{v} = \frac{hyy - hvv}{yy}$, factaque divisione per $v + y$, & reducta æquatione, prodit $s = \frac{hvy - hvv}{yy}$.

Jam, ut maximus s inveniatur, multiplica terminos, juxta methodum *Huddenii*, per dimensiones quantitatis indeterminatæ v; & emerget $o = \frac{hvy - 2hvv}{yy}$, sive $y = 2v$; hoc est, $NG = 2ng$.

COROLL. V.

Et hinc Ko, ubi maximum est, æquatur quartæ parti ipsius KF, circiter; nam, in valore ipsius s jam ante invento, si scribas $2v$ pro y, exoritur $\frac{1}{4}h = s$.

COROLL. VI.

Est etiam $oQ = \frac{Ry^3}{8Iaa}$. Nam, est GK ($=$ BF proxime). $GN :: Ko. oQ$; hoc est, $\frac{{}^{*}Ra}{R - I}. y :: \frac{RRyy}{8IRa - 8IIa}$ ($= \frac{1}{4}$ KF) $\frac{{}^{**}Ry^3}{8Iaa}$.

CO-

Corrige: $\frac{{}^{*}Ia}{R - I}$ $\frac{{}^{**}RRy^3}{8IIaa}$

Digitized by Google

COROLL. VII.

Si arcus B M ſumatur æqualis B N, & $Bm = Bn$, ac Radii ad puncta M & m refracti ducantur ſibi occurrentes in P; conſtat eſſe ſpatium $PQ = \frac{\dagger R y^3}{4 I a a}$, duplum nempe ipſius oQ; & præterea conſtat, refractos omnium Radiorum in ſphæricam ſuperficiem inter N & M cadentium, convergere in ſpatium hocce PQ; & idem PQ eſſe minimum circulare ſpatium, in quod poſſent omnes congregari; adeoque focum eſſe, ſeu locum imaginis objecti, parallelos Radios in Lentem, ad uſque limites M & N apertam, ejaculantis. Scilicet nulli Radii poſſunt tranſilire hoc ſpatium; quia, cum oQ ſit in data ratione ad Ko; eritque oQ ſimul maximum, adeoque punctum Q omnium verſus F jacentium remotiſſimum ab axe in quo Radius quiſquam concurrit cum externo Radio N K; neque poſſunt in minus ſpatium congregari, quia Radii nk & mk ſecant externos Radios in ipſiſſimis punctis P & Q, quibus ſpatium P Q terminatur.

COROLL. VIII.

Si circuli N B M apertura augeatur vel minuatur, error lateralis PQ erit ut y^3, ſive ut cubus latitudinis aperturæ N M. Item ſi, immutata apertura, mutetur circuli magnitudo, error PQ; erit reciproce ut aa, ſive ut CBq; adeoque ut BFq; ſiquidem CB & BF ſint in data ratione: ſin vero & circuli magnitudo & apertura mutetur, erit error ille PQ ut $\frac{y^3}{aa}$, ſive ut $\frac{NM\ cub.}{BF\ quad.}$, quemadmodum ex $\frac{* R y^3}{4 I a a}$ valore ipſius PQ conſtare poteſt.

SCHOLIUM.

Eodem fere modo, quo Radiorum parallele incidentium errores K F & P Q determinavimus, conſimiles divergentium, vel convergentium, errores, licet calculo difficiliori, deteminari poſſunt.

PROPOSITIO XXXII.

Si Radii, ſive paralleli, ſive verſus commune aliquod punctum inclinati, ſe Sphæræ objiciant refringendos, refractorum extra axem ſibi quamproximorum, & in eodem plano cum incidentibus jacentium, concurſum determinare.

In *Fig.* 59. *Tab. XII.* ſit A N incidens Radius; N K refractus ejus; & N V in plano trianguli A N K recta linea tangens Sphæram ad N. Ad A N duc N R perpendicularem & occurrentem axi A C in R; nec non R V parallelam & occurrentem tangenti N V in V. Item, ad N K duc N Q perpendicularem; & V Q parallelam convenientes in Q: & age QC occurrentem N K in Z; eritque Z concurſus Radiorum ipſi A N viciniſſimorum. Sit enim A n alius ex incidentibus priori A N infinite vicinus, & occurrens N R in G. Age n Z occurrentem N Q in H; & ad A N, & N K, e C centro Sphæræ demitte normalem C D, & C E, occurrentes A n, & nZ, in d, & e. Jam, cum A N ſupponatur infinite vicinus A n, arcus infinite parvus N n pro recta coincidente cum tangente N V haberi poteſt, ac triangula N G n, N R V; & N H n, N Q V pro ſimilibus. Quare eſt D C. Dd::

(N

$\dagger\ \frac{RRy^3}{4IIaa}$. $\quad *\ \frac{RRy^3}{4IIaa}$

Digitized by Google

(N R. N G : : N V. N n : : N Q. N H : :) E C. E e. unde, divisim & alternatim, DC. EC : : dC. eC. Est autem DC ad E C ut sinus incidentiæ ad sinum Refractionis, propterea quod N K sit refractus ipsius A N, adeoque etiam dC est ad eC ut sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis. Et proinde, cum anguli D A d & E Z e sint infinite parvi, atque adeo Cd ad A n & C e ad nZ perpendiculares, vel saltem perpendiculis æquipollentes, erit n Z refractus ipsius A n. Q. E. D.

COROLL. I.

Est N D. N E : : (sive N P. N F : :) N R. N Q. Nam, acta N C, propter triangula N R V, & N D C; N E C, & N Q V similia, est N D. N R : : (N C. N V : :) N E. N Q; &, alterne, N D. N E : : N R. N Q.

Hinc promptior emergit Problematis resolutio, nempe ad Radios A N, N K erige normales N R, N Q, quorum N R axi A C occurrat, & N Q sit ad N R ut N F ad N P. Dein age QC, quæ cum N K in quæsito puncto Z conveniet. *

COROLL. II.

Est etiam A N x DC x N E. A D x E C x N D : : N Z. E Z; nam, est A D. A N : : DC. N R, & inde $NR = \frac{AN \times DC}{AD}$. Item N D. N E : : N R. N Q, & inde $NQ = \frac{AN \times DC \times NE}{AD \times ND}$. adeoque A N x DC x N E. A D x E C x N D. : : (N Q. E C : :) N Z. E Z.

COROLL. III.

Si punctum radians A infinite distet, sive parallelos Radios ejaculetur, posito I. R : : sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis, erit I x N F. R x N P : : N Z. E Z. In hoc enim casu, A N & A D, cum sint infinite longæ, pro æqualibus haberi debent. Atque adeo, per Coroll. II. hujus, erit DC x N E. E C x N D : : N Z. E Z. Sed, ex hypothesi, est DC. E C : : I. R; & proinde I x N E. R x N D : : (N Z. E Z : :) I x N F. R x N P. Ceterum de his vide plura in Lectionibus Dris. *Barrovv*.

Notetur autem 1., quod, mutatis mutandis, resolutio Problematis cuicunque casui facile accommodatur, sive Radii incidentes divergant a puncto aliquo, vel ad idem convergant, vel incidant paralleli.

2. Cum e radiis huic A N K proximis, qui jacent in plano A N K, conveniant in Z; qui vero in conica superficie, per revolutionem trianguli A N K circa latus A K generata, jacent, conveniant in K; erit maxima Radiorum ipsi A N K undique proximorum constipatio circa medium spatii K Z, puta, ad Y; & proinde Oculo in linea N K ultra K constituto, sensibilis imaginis objecti A, per Refractionem sphæricæ superficiei B N visi, locus erit ad Y, vel saltem intra limites K, & Z; nam locus ille non præcise definitur.

3. Cum Radii pluribus superficiebus successive refringuntur, ut vicinorum post omnes Refractiones concursum determines, primo quære concursum post primam Refractionem; deinde concursum eorundem post secundam, tanquam si primario effluxissent e puncto præcedentis concursus; & sic deinceps, ut ad Prop. XXIX. dictum fuit.

PRO-

* Vid. *Barrovv Lect. Opt.* L. XIII. Art. 26.

Digitized by Google

PROPOSITIO XXXIII.

Radiis in quamcunque curvam superficiem incidentibus, refractorum sibi quamproximorum, & in eodem plano cum incidentibus jacentium, concursum designare.

In *Fig.* 59. *Tab. XII.* finge BNP jam non Sphæram, sed aliam quamcunque Curvam referre; sitque A commune punctum, seu concursus, incidentium Radiorum; AN aliquis ex incidentibus; NK refractus ejus; & NC perpendicularis Curvæ ad punctum refringens. In hac NC quære intersectionem proximi alicujus perpendicularis, (qualis *n* C,) ad aliud proximum punctum refringens insistentis, * (id, quod alibi docebitur, sitque ista intersectio C. Jam, ducta AC, demitte ad Radios AN, NK normales CD, CE; ac erige NR, NQ, quorum NR occurrat AC in R; sitque NQ ad NR ut NE ad ND, & acta QC conveniet cum refracto NK in desiderato proximorum refractorum concursu Z. Probatur ad modum præcedentis Propositionis, & huic etiam consimilia Corollaria; & Notæ competunt.

PROPOSITIO XXXIV.

Figuram determinare, quæ Radios homogeneos, sive parallelos, sive ad commune aliquod punctum terminatos, ita refringet, ut refracti omnes ad aliud datum punctum accurate conveniant.

In *Fig.* 60. *Tab. XII.* sit A concursus incidentium Radiorum, & Z refractorum; ac punctum aliquod B in recta AZ pro vertice Curvæ ad arbitrium sumatur. Ab illo B capiantur in linea *B*Z, versus medium densius, BG cujusvis longitudinis, & BR in ratione ad BG quam habet sinus Refractionis ad sinum Incidentiæ. Centrisque A & Z, & intervallis AG & ZR, describantur circuli se intersecantes in N; & ipsius N locus erit Curva, quæ desideratam Refractionem peraget.

Quod ut pateat, producatur AN ad S, ut sit NS. NZ : : BG. BR; & ad NS, & NZ erigantur perpendiculares ST, & ZT concurrentes in T, & acta NT curvam tanget in N, * ut ex methodo ducendi tangentes alibi exposita constabit. Jam, cum NS, & NZ sint ut BG, & BR, hoc est, ut sinus Incidentiæ & Refractionis; & respectu sinus totius, sive semidiametri NT, sit NS sinus anguli NTS, qui æquatur angulo Incidentiæ Radii AN; & NZ sinus anguli NTZ, qui æquatur angulo Refractionis Radii NZ: patet esse NZ refractum ipsius AN. Q. E. D.

Nota 1., potest etiam Curva huic usui inserviens describi, quę per datum quodvis punctum B extra axem AZ positum transibit; scilicet, in *Fig.* 61. *Tab. XIII.* agantur AB, & ZB, & in ipsis capiantur BG, & BR in ratione sinuum Incidentiæ, & Refractionis. Et Centris A, & Z, ac Intervallis AG, & ZR describantur circuli concurrentes in N, eritque N ad Curvam, quam oportet describere.

2. Præfata Problematis resolutio, mutatis mutandis, se ad omnes casus extendit, sive incidentes, aut refracti Radii convergant, divergant, vel existant paralleli; sive Refractio fiat e rariori medio in densius, vel e densiori in rarius. Et quidem, si Radii ex neutra parte paralleli sint, id est, si punctorum A & Z neutrum sit ad infinitam distantiam, Curva BN erit aliqua quatuor ellipsium, quas *Cartesius* in hunc usum in Geometria descripsit; Sin alterutrum infinite distet, ita ut Radii punctum illud respicientes evadant paralleli, Curva erit conica sectio, uti notum est: Et in hoc casu, circulus RN, vel GN, propter infinitam centri distantiam, evadet recta linea, ipsi AZ ad R, vel G perpendicularis.

LEM-

* In Tract. de Fluxionibus ab Auctore nostro A. D. 1665, 1666, &c. scriptis.
* In eodem Tract. de Fluxion.

Digitized by Google

LEMMA X.

E parallelis Radiis ad circulum refractis, Radium illum determinare, cujus pars circulo inclusa datam habeat rationem ad partem refracti ejus eidem circulo inclusam.

In *Fig.* 62. *Tab. XIII.* sit A N Radius incidens; N K refractus; N P, & N F, partes eorum circulo inclusæ; C D, & C E perpendicula ad istas partes e centro circuli demissa; & B C semidiameter acta parallela ipsi A N; sitque C D. C E :: I. R; & N P. N F :: *p*. *q*. His positis, ut innotescat punctum N, quod Radios A N, & N K, determinat, erige ad B C normalem B X, cujus quadratum sit ad B C quadratum, ut $\frac{qq - pp}{pp}$ ad $\frac{II - RR}{II}$, & acta C X secabit circulum in desiderato puncto N. Est enim, ex hypothesi, *p*. *q* :: (N P. N F ::) N D. N E; & I. R :: C D. C E; quare $\frac{q}{p}$ N D $=$ N E; & $\frac{R}{I}$ C D $=$ C E. Porro, cum sit N Dq $+$ C Dq ($=$ N Cq) $=$ N Eq $+$ C Eq, aufer hinc inde N D q $+$ C E q, & restabit C D q $-$ C E q $=$ N E q $-$ N D q, hoc est, substituendo valores ipsarum C E, & N E, modo inventos, C Dq $- \frac{RR}{II}$ C Dq $= \frac{qq}{pp}$ N Dq $-$ N D q, &, facta reductione, $\frac{II - RR}{II}$ C D q $= \frac{qq - pp}{pp}$ NDq; quo in proportionalitatem resoluto, fit $\frac{qq - pp}{pp}$. $\frac{II - RR}{II}$ :: (CDq. NDq ::) B X q. B Cq. Q. E. D.

PROPOSITIO XXXV.

Sole Sphæram pellucidam illustrante, Radiorum ejus, post unam Reflexionem emergentium, maximam ad axem inclinationem determinare.

In *Fig.* 63. *Tab. XIII.* sit B N K Sphæra proposita; B C Q diameter, sive axis incidentibus Radiis parallelus; A N aliquis ex incidentibus; N F refractus ejus; F G reflexus; & G R denuo refractus, & quærendus erit maximus angulorum, quos R G cum axe B Q potest conficere. In quem finem advertendum est, quod in eo solo casu, ubi R G maxime inclinatur ad B Q, Radii ipsi A N vicinissimi possunt emergere paralleli ad R G. Nam, in aliis casibus, ex emergentibus Radiis sibi vicinissimis alii magis, alii minus continuo inclinantur ad B Q; adeoque aliquantulum inclinantur ad se invicem. Advertendum est præterea, quod Radii emergent paralleli, qui conveniunt ad punctum Reflexionis. Duc enim Radium *a n* ipsi A N parallelum, & quamproximum; sitque ejus refractus *n f*; reflexus *f g*; ac iterum refractus *g r*; &, punctis F, & *f* coincidentibus, cum anguli N F *n*, & G F *g*, sint æquales, & Refractiones ad N, *n*, & G; *g*, similes, emergentes Radii G R, & *g r*, æque paralleli erunt ac incidentes A N, & *a n*.

Quærendus est itaque Radius A N, cujus refractus cum refracto vicinissimi Radii *a n* concurrit ad F. Et quidem, per Coroll. III. Prop. XXXII., (demissis a centro Sphæræ ad Radios normalibus C D, & C E, positoque I. R :: C D. C E, (si Radii isti ad quodvis punctum Z concurrant, erit I x N F. R x N P :: N Z. E Z :: N F. E F (puncto nempe Z ad ipsum F, juxta hypothesin, cadente) :: 2. 1. Quare I x N F $=$ 2 R x N P; & I. 2 R :: N P. N F. Datur itaque ratio N P ad N F, & inde, per Lem. X., dabitur punctum N. Scilicet ad verticem circuli ducatur tangens B X, cujus quadratum sit ad quadratum semidiametri B C, ut 4 R R $-$ I I ad

Digitized by Google

ad II − RR, & agatur CX; hæc enim circulo occurret in N, & ex invento N cetera nullo negotio determinantur.

COROLL. I.

Hinc fit 3RR. II − RR:: CNq. NDq. Cum enim fit 4RR − II. II − RR:: BXq. BCq, componendo erit 3RR. II − RR:: (BXq + BCq = CXq. BCq::) CNq. NDq.

COROLL. II.

Eſt & I. 2R:: ND. NE. Nam, ſupra fuit I. 2R:: NP. NF, & ex his expeditior evadit Problematis reſolutio.

SCHOLIUM.

Una cum maxima inclinatione Radii RG, datur maximus arcuum FQ, ad refractos NF terminatorum. Nam, angulus FCQ, quem FQ ſubtendit, eſt æqualis angulo, quem CF, & AN comprehendunt; hoc eſt, æqualis dimidio anguli, quem RG, & AN, vel BQ comprehendunt: & proinde arcuum FQ, æque ac angulorum ab RG, & BQ comprehenſorum, maximus eſt, qui Radio AN in punctum jam inventum incidente definitur.

PROPOSITIO XXXVI.

Sole Sphæram pellucidam BNP (Fig. 63. Tab. XIII.) *illuſtrante, Radiorum ejus poſt duas Reflexiones emergentium minimam ad axem inclinationem determinare.*

Sint AN, & *an* Radi duo incidentes ſibi quamproximi, qui, poſt duas reflexiones in F, *f*, & G, *g*, emergant ſecundum HS, & *hs*: Et, manifeſtum eſt, quod in eo ſolo caſu, ubi angulus acutus, quem BQ, & SH comprehendunt, minimus eſt, Radii illi HS, & *hs* poſſunt eſſe paralleli, uti ſupra de Radiis GR, & *gr* dictum fuit; &, ubi hoc accidit, Radius etiam FG ad *fg* parallelus erit. Unde 2 arc. F*f* = (arc. F*f* + G*g* = arc. FG − *fg* = arc. NF − *nf* =) arc. N*n* − F*f*. Adeoque 3 arc. F*f* = arc. N*n*; &, cum NF dividatur in Z in ratione iſtorum arcuum, ut patet, erit NZ = 3ZF = 3EZ. Cum itaque, per Coroll. III. Prop. XXXII., ſit I x NF. R x NP:: NZ. EZ:: 3. 1, erit I x NF = 3R x NP, ſive I. 3R:: NP. NF. Datur itaque ratio NP ad NF; & inde, per Lem. X. dabitur punctum N; ducendo nempe BX, quæ circulum tangat in vertice B, & cujus quadratum ſit ad BC quadratum ut 9RR − II ad II − RR, & agendo CX, quæ occurret peripheriæ in N. Invento autem N, cetera facile determinantur.

COROLL. I.

Hinc eſt 8RR. II − RR:: CNq. NDq. Nam, 9RR − II. II − RR:: BXq. BCq, &, componendo, 8RR. II − RR:: CXq. BCq:: CNq. NDq.

COROLL. II.

Eſt etiam I. 3R:: ND. NE; utpote, cum ſupra fuerit I. 3R:: NP. NF.

Digitized by Google

SCHOLIUM.

Ad eundem modum maxima Radii KT, post tres Reflexiones emergentis, inclinatio ad axem, juxta ac maximus arcuum QG investigabitur. Scilicet, in eo casu FG, & *fg* convenient ad G, eritque arc. F*f* = (arc. FG − *f*G = arc. NF → *nf* =) N*n* − F*f*; &, inde, 2 arc. F*f* = arc. N*n*, & NZ = 2 ZF, adeoque 4. 1 : : NZ. EZ : : (per Coroll. III. ad Prop. XXXII.) I x NF. R x NP; sive, I. 4 R : : NP. NF; &, proinde, per Lem. X, 16 R R − I I. I I − R R : : BX q. BC q; unde consectatur esse 15 R R. I I − R R : : CN q. ND q; & I. 4 R : : ND. NE.

Atque ita, si Radii, post quatuor Reflexiones emergentis, inclinatio minima desideratur, determinabis faciendo ut sit 25 R R − I I. I I − R R : : B X q. BC q; vel, 24 R R. I I − R R : : CN q. ND q. Et I. 5 R : : ND. NE; & sic praeterea in infinitum.

Transactis Refractionibus homogeneorum Radiorum, jam restat ut heterogeneos conferamus. De horum ad plana Refractionibus paulo fusius agebamus, ut eo Prismatum, (quorum usus in experimentis faciendis posthac erit frequentissimus,) affectiones innotescerent. Praecipuum vero, quod circa curvas superficies jam determinandum occurrit, est quantitas erroris Radiorum, a quo oritur confusio, sive indistincta visio objectorum, quae in Telescopiis per nimiam vitri, objectum respicientis, aperturam evenire solet. Et in hunc finem, cum praemissa sit Prop. XXXI., unde errores innotescunt, qui in sphaericis superficiebus per ineptitudinem figure efficiuntur: sequentem jam subjungimus, qua errores ex inaequali Refrangibilitate diversorum Radiorum orti, determinari possunt.

PROPOSITIO XXXVII.

Heterogeneis Radiis in Sphaeram incidentibus, errores ex inaequalibus Radiorum similiter incidentium Refractionibus progenitos determinare.

E puncto A (*Fig.* 64., *Tab. XIII.*) in Sphaeram NBM centro C descriptam, incidant secundum lineam aliquam AN Radii duo maxime difformes; quorum refracti sunt NF, & N*f*, axi occurrentes in F, & *f*; & in illos demittantur perpendicula CI, CP, & CT. Jam, si accurata resolutio desideretur, Refractiones Radiorum NF & N*f* seorsim computandae sunt: sed, cum arcus NM ponatur admodum exigua portio circuli, veritatem quamproxime assequemur, assumendo angulos CNI, CNP, & CNT fere esse ut eorum sinus. Sit ergo I communis sinus Incidentiae; P sinus Refractionis Radiorum maxime refrangibilium; ac T sinus ille minime Refrangibilium. Erit ang. CNI ad ang. CNP : : I. P, & ang. CNP ad ang. CNT : : P. T; ac, divisim, ang. INP ad ang. CNP : : P − I. P; & ang. CNP ad ang. PNT : : P. P − T; &, ex aequo, ang. INP ad ang. PNT : : P − I. P − T.

Sume jam arcum BM aequalem arcui BN, & Radiorum secundum AM incidentium duc refractos MF, M*f*, prioribus occurrentes in V, & X. Age VX, & produc donec occurrat incidentibus Radiis ad G, & H; & patet VX esse latitudinem minimi spatii, in quod omnes Radii congregari possunt. Estque GX. VX : : (ang. GNX ad ang. VNX proxime : : ang. INP. ad ang. PNT : :) P − I. P − T; & GH + VX (2 GX). VX : : 2 P − 2 I. P − T; ac, divisim, GH. VX : : P + T − 2 I. P − T. Unde, datis P, T, I, dabitur ratio GH ad VX.

Ex. gr. Cum supra determinaverim, quod ad vitrum aeri conterminum sit I. P : : $44\frac{1}{2}$. $69\frac{1}{2}$, & I. T : : $44\frac{1}{2}$. $68\frac{1}{2}$; si assumatur I = $44\frac{1}{2}$, erit P = $69\frac{1}{2}$, ac T = $68\frac{1}{2}$, & P + T − 2 I = 49, P − T = 1; adeoque GH. VX : : 49. 1, circiter.

SCHO-

Digitized by Google

SCHOLIUM.

Ope hujus & Prop. XXXI., errores homogeneorum Radiorum, qui in sphæricis superficiebus per figuræ ineptitudinem obveniunt, cum heterogeneorum erroribus conferri possunt, & constabit hosce longe majores esse in parvis Sphærarum portionibus: Atque adeo heterogeneitatem Lucis, & non ineptitudinem figuræ sphæricæ, in causa esse, quod Telescopia in majorem perfectionis gradum nondum promota habeamus.

Concipiamus *ex. gr.*, quod N M B, in *Figuris* 58. *&* 64. *Tab. XII. & XIII.* referat objectivum vitrum Telescopii, cujus anterior superficies N M plana sit, eo ut Radios in posteriori, seu sphærica, superficie N B M solummodo refringat; & ponamus C B semidiametrum hujus Sphæræ esse 10. pedes, ut Telescopium fere 20 pedes, sive 240 digitos, longum conficiat, sitque apertura N M 2 dig., quanta maxima, cum visione satis distincta, adhibeatur in hujusmodi Telescopiis, quæ objectum quasi 70 vel 80 vicibus ampliant; & sinus Incidentiæ sit ad sinum Refractionis, in confinio vitri & aeris peractæ, ut 11 ad 17, circiter, prout supra determinavimus. His positis, scribendum est 120 pro a; 1 pro y; 11 pro I; & 17 pro R; in valore ipsius PQ, quem exhibuimus in Coroll. VII. Prop. XXXI., hoc est, in termino $\frac{{}^{*}R y^3}{4 I a a}$, & emergit $\frac{{}^{**}\,17 \text{ dig.}}{4 \times 11 \times 120 \times 120}$ sive $\frac{17 \text{ dig.}}{633600} = PQ$, estque hic error lateralis homogeneorum Radiorum, ortus ab ineptitudine figuræ sphæricæ. Præterea, concipiamus Radios A N, & A M in *Fig.* 64. *Tab. XIII.* esse parallelos Axi, & erit G H = N M = 2 dig., adeoque V X, error nempe lateralis heterogeneorum ab invicem in eodem loco concursus erit $\frac{2}{49}$ dig.. Confer jam hos errores, & patebit V X esse ad P Q, (seu $\frac{2}{49}$ ad $\frac{{}^{\dagger}\,17}{633600}$,) ut [a] 1267200 ad [b] 833, sive ut [c] 1521 ad 1, circiter.

Adeoque V X esse quasi [c] mille & quingentis vicibus majorem quam PQ; tanta sane disproportio, ut P Q respectu V X pro nullo haberi possit. Error quidem VX, cum sit $\frac{2}{49}$ dig., tantus est, ut mirer, quod objecta per hujusmodi Telescopia tam distincte videri possint. Sed alterius generis error P Q, sive $\frac{{}^{d}\,17}{633600}$ dig., id est, $\frac{{}^{e}\,1}{37271}$ dig., circiter, longe minor est, quam qui potest esse sensibilis, & proinde negligendus; & indistincta visio erroribus ex heterogeneitate Lucis exortis solummodo tribuenda. Et hinc patet perfectionem Telescopiorum non e conicis Sectionibus petendam esse, sed figuras sphæricas huic usui æque inservire posse. In Microscopiis quidem errores homogeneorum Radiorum, ex sphærica superficie vitri objectivi propter aperturam bene magnam, enormes oriuntur & admodum sensibiles; adeo ut illa vitra, si secundum conicam aliquam Sectionem debite formarentur, paulo perfectiora evaderent. Sed [f] methodus tamen me non latet corrigendi errores

* $\frac{RRy^3}{4IIaa}$. ** $\frac{17 \times 17 \text{ dig.}}{4 \times 11 \times 11 \times 120 \times 120}$ sive $\frac{289 \text{ dig.}}{6969600} = PQ$.
† $\frac{289}{6969600}$. [a] 13939200. [b] 14161. [c] 984. [d] $\frac{289}{6969600}$. [e] $\frac{1}{24116}$.

[f] Nempe si perspicillorum vitra objectiva ex vitris duobus sphærice figuratis & aquam inter se claudentibus conflentur. Vide *Newtoni Princip.* Schol. ad Prop. ult. Lib. I. Et *Opt.* Prop. VII. Part. I. Lib. I.

Digitized by Google

res illos absque conicis Sectionibus, & efficiendi ut vitra e sphæricis superficiebus formari possint, quæ Radios homogeneos satis accurate refringent, ne dicam, quæ longe accuratius refringent obliquos Radiorum penicillos, quam vitra aliis quibuscunque figuris terminata; adeo ut sphæricas superficies usibus dioptricis, præ ceteris omnibus accommodatas esse censeam.



OPTI-

Digitized by Google

OPTICÆ

PARS SECUNDA.

De Colorum Origine.

SECTIO PRIMA.

Exponitur Doctrina de Coloribus, & per Experimenta Prismatis probatur.



Ui in fabricandis Telescopiis occupati sunt, de Coloribus conqueruntur, quibus objecta, dum vitris istis mediantibus aspiciuntur, tingi solent; quique eo magis augentur & apparent, quo vitrum oculare ex Sphæris minoribus efformatur; vel etiam, quo vitrum objectivum majori latitudine Radiis intrantibus patet. Unde duplici incommodo implicati, impediuntur, ne Perspicilla ad optatum perfectionis gradum perducant; tum quod oculare vitrum ultra certos gradus parvum ad objecta magis amplianda nequeant adhibere, tum quod vitrum objectivum ultra certos limites aperire nequeant, ad objecta magis lucida & perspicua reddenda. Qui gradus, vel limites, si non probe observentur, objecta Coloribus involuta reddentur, & multo minus distincta, quam si, vel minora cernerentur, ope vitri ocularis minus convexi, vel minus lucida, diminuta Perspicilli apertura. Jam, cum istæ perfectiones præcipuæ sint, quæ in Perspicillis desiderantur; nempe, ut objecta magis amplient, & reddant lucidiora: operæ pretium videtur in naturam Colorum inquirere; ut investigemus tandem quid in causa sit, quod ita appareant, & objecta reddant indistincta; hujus enim ignorantia quamplurimos labore non exiguo, sed inani tamen, exercuit, dum, imperfectionem Telescopiorum a vitiosis vitrorum figuris ortam esse credentes, in istis meliori figura perpoliendis navarunt operam. At, si causam horum Colorum satis exploratam habuissent, simul innotuisset inæqualis diversorum Radiorum Refrangibilitas; &, inde vitia Telescopiorum, non ab ineptitudine figuræ sphæricæ ad Refractiones rite peragendas, originem ducere constitisset. Quo bene intellecto, conatus suos proculdubio mutassent, & laboribus istis secundum aliam methodum dispositis, Opticam in gradum multo perfectiorem jam promotam haberemus.

Qui de Coloribus hucusque disseruere, vel id nomine tenus fecerunt, ut Peripatetici; vel in eorum naturam & causas inquirere conabantur, ut Epicurei & alii recentiores. Quæ Peripatetici de hisce tradidere, etsi vera forent, tamen ad nostrum propositum nihil valerent: quippe, dum modum, quo generantur, & causas, unde fiunt tam varii, non attingant. Etenim illi, de originibus & variis rerum speciebus disputantes, pro causis, ex quibus ipsarum existentiam & discrimen mutuantur, varias quasdam formas assignarunt; verum de particulari cujusvis formæ causa & ratione, ob quam differt ab aliis, haud unquam quicquam disseruere. Et sic ea fecerunt missa, quorum explicatio videtur summum Philosophorum officium; imo, quæ sola mentem Scientiæ naturalis avidam explere possint.

Attamen, ne mancam Philosophiam tradidisse viderentur, effecerunt, ut ejusmodi disquisitiones pro maxime absurdis & ridendis habeantur; utpote, quæ supponunt formarum esse alias formas, & qualitates qualitatum. Itaque, cum Lux definiatur esse qualitas, vel forma, quæ dat esse lucidum, non expectandum est, ut aliquid de

Digitized by Google

de ejus causis audiamus, vel qua ratione ad varios Colores producendos fiat varia. Dicunt equidem, quod plus Luminis quibusdam Coloribus immiscetur, quam aliis: at hoc non sufficit ad eorum productionem; tum, quod nullus omnino Color ex Albedine, & Nigredine solummodo mixtis, præter fuscos intermedios, generatur; tum, quod quantitas Lucis non mutat speciem Coloris. Corpus enim rubrum, verbi gratia, semper apparet rubrum, sive aspiciatur in crepusculo, sive in meridie lucidissimo. Porro autem ipsa definitio, quam attribuunt Coloribus, adeo non pandit eorum naturam, ut eos, ne nomine tenus, exprimat. Ait Aristoteles Χρῶμα δέ ἐςὶ τὸ διαφανὲς ἐν Σώματι ὡρισμένῳ πέρας. Quæ superficiei coloratæ potius, quam Coloris, descriptio est. Illa enim dici potest extremitas perspicua in corpore terminato. At Color plerumque videtur, ubi nulla talis datur extremitas, ut in Iride & Prismate; in vitris, vel liquoribus perspicuis & aliquo Colore leviter tinctis; in aqua marina, quæ viridis, plurimum, apparet; qui tamen Color, non in extremitate aquæ, sed per totam ejus crassitiem, generatur; in aere, qui, licet maxime perspicuus & nullo corpore denso terminatus, serena tamen nocte cæruleus apparet; & in flamma, quæ non minus perspicua est & Luci pervia, quam ipse aer. Sic, cum humores Oculi Colore aliquo tinguntur, omnia videntur eodem Colore tincta, licet extremitas perspicui sit aliis Coloribus prædita. Et, cum Solem nudis Oculis modo aspexeris, luminosa omnia deinceps videntur rubra, & nigra plerumque apparent cærulea; qui Color erit magis conspicuus, si, clausis Oculis, te in locum aliquem tenebrosissimum statim conferas. Imo, premendo Oculum, Colores in tenebris excitare liceat; quis autem vocabit illos extremitatem perspicui? Ceterum non opus est ut has opiniones enixe refutem, quæ, etsi veræ essent, tamen non sunt sufficientes, neque proposito meo adversantur. Esto enim Lux qualitas corporis lucidi; esto Lumen actus perspicui; & Color, ejus extremitas; & quicquid de illis dixerunt, esto; abinde tamen haud concipi poterit, quo pacto Lux refringatur; unde Colores sint varii; quid in causa sit, quod in Perspicillis apparent; & qua ratione incommodum istud devitari possit.

Ad opiniones aliorum Philosophorum quod attinet, dixerunt Colores, vel ex umbra Luceque varie mixtis; vel ex contortione globulorum, aut eorum variis pressionibus generari; vel denique ex variis modis, quibus medium quoddam æthereum vibratur, statuentes Lucem productam esse ex impulsu vibrantis medii in retiformem tunicam delato. Extra oleas nimis vagarer, si has opiniones sigillatim refutandas adortus essem: Nec opus est ut faciam, cum omnes in communi quodam errore consentiant; scilicet, quod modificatio Lucis, qua singulos Colores exhibet, ei non sit insita ab origine sua, sed inter reflectendum, vel refringendum, acquiratur. Inter Radios Lucis nullum contemplantur discrimen, priusquam incidant in corpus aliquod colorificum, opinati tantum, quod, pro varia dispositione corporis istius, variis modis reflectuntur, vel refringuntur, &, pro specie modificationis, quam sic acquirunt, varia deinde Colorum phantasmata spectantibus exhibent. Mixtura Lucis & umbræ, gyratio globulorum, vel varia vibratio medii, non supponuntur inesse Radiis antecedenter ad eorum Reflexiones, vel Refractiones; sed per istas actiones generari creduntur. Quemadmodum & Peripatetici statuunt Colores a corporibus originem ducere, quorum dicunt esse qualitates. Attamen contrarium esse verum ex sequentibus abunde patebit. Invenio scilicet, quod modificatio Lucis, unde Colores originem sumunt, Luci connata sit; & non oritur a Reflexione, neque a Refractione, neque a qualitatibus corporum, aut modis quibuslibet, nec ab iis vel destrui potest, vel ullo modo mutari.

Verum, ut sententiam meam distinctius proferam, invenio primo, quod Radiis diverse refrangibilibus competant diversi Colores; maxime refrangibilibus, Purpura, sive Violarum Color competit; & Rubor minime refrangibilibus; atque mediocribus Viriditas, vel potius, confinium viridis & virescentis cærulei. Cæruleus autem Purpuræ intercedit & Viriditati, flavusque Viriditati & rubori. Adeoque Radii, prout sunt plus plusque refrangibiles, apti sunt ad hos ordine Colores, *Rubrum*, *Flavum*,

Digitized by Google

Flavum, *Viridem*, *Cæruleum*, & *Violaceum*, generandos, una cum omnibus eorum ſucceſſivis gradibus & Coloribus intermediis.

Invenio præterea, quod nullius Radiorum generis forma, ſive diſpoſitio colorifica, vel Refractione, vel alia quacunque, (quam potuerim animadvertere,) cauſa mutari poteſt; ſed unicum tantum ſibi proprium Colorem unumquodque ſemper conſervat & exhibet, ſi modo a Radiorum diverſi generis miſtura non conturbetur. Nam, Colores, qui Refractionibus generari videntur, non niſi difformium Radiorum miſtura varia, vel ſeparatione, fiunt.

Tertio invenio, quod Color albus & niger, una cum cinereis, ſeu fuſcis intermediis, fiunt ex Radiis cujuſque ſpeciei confuſe miſtis; & ſimiliter, quod ceteri omnes Colores, qui non ſunt ex primitivis, per varias horum Radiorum miſturas producuntur. Et inde non mirum eſt, ſi, difformibus Radiis per inæqualem Refractionem ſegregatis, diverſi Colores ex his de novo emergere videantur.

Quinetiam invenio, quod primitivi Colores per miſturam Radiorum alterutrinque confinium exhiberi poſſunt. Viridis nempe ex flavo, & cæruleo; flavus ex adjacente viridi, citrioque; & ſic de aliis. Per Colores autem primitivos non tantum quinque prædictos intelligo, ſed & quoslibet alios, quibus exhibendis aptum datur aliquod uniforme Radiorum genus.

Invenio denique, quod omnes omnium corporum Colores non aliunde generantur, quam e diſpoſitione quadam, qua apta ſunt ut alios Radios reflectant, & intromittant alios. Sic, corpus rubrum eſt, quod Radios ad Rubedinem aptos reflectit maxime, & pleroſque ceteros intromittit; purpureum, quod Radios iſti Colori generando proprios reflectit, & intromittit alios: album vero, quod fere omnes reflectit; & nigrum, quod omnes intromittit, pauciſſimis, ſed omnium tamen ſpecierum, Radiis repercuſſis.

Verum, ne videar officii limites exceſſiſſe, dum naturam Colorum pertractare aggrediar, qui nihil ad Matheſin attinere cenſeantur; non abs re erit, ſi de ratione incepti hujus iterum commonefaciam: nimirum, tanta eſt inter proprietates Refractionum & Colorum affinitas, ut ſeorſim explicari nequeant. Qui alterutras rite velit cognoſcere, ut alteras cognoſcat neceſſe eſt: & præterea, ſi de Refractionibus non agerem, & earum diſquiſitio non eſſet in cauſa, quod negotium de Coloribus ſimul explicandis inceptarem; tamen generatio Colorum tantam Geometriam complectitur, & eorum cognitio tanta firmatur evidentia, ut vel ipſorum gratia poſſem aggredi, ſic limites Matheſeos nonnihil ampliaturus. Quemadmodum enim Aſtronomia, Geographia, Navigatio, Optica, & Mechanica pro Scientiis mathematicis habentur, licet in iis agatur de rebus phyſicis, Cœlo, Terra, Navibus, Luce, & Motu locali: ſic, etiamſi Colores ad Phyſicam pertinent, eorum tamen Scientia pro mathematica habenda eſt, quatenus ratione mathematica tractantur. Imo vero, cum horum accurata Scientia videtur ex difficillimis eſſe, quæ Philoſophus deſideret; ſpero me, quaſi exemplo, monſtraturum quantum Matheſis in Philoſophia naturali valeat; & exinde, ut Geometras ad examen Naturæ ſtrictius aggrediendum, & avidos Scientiæ naturalis ad Geometriam prius addiſcendam horter: ut, ne priores ſuum omnino tempus in ſpeculationibus humanæ vitæ nequaquam profuturis abſumant; neque poſteriores, operam præpoſtera methodo uſque navantes, a ſpe ſua decidant. Verum, ut, Geometris philoſophantibus & Philoſophis Geometriam exercentibus, pro conjecturis & probabilibus quæ venditantur ubique, Scientiam Naturæ ſummis tandem evidentiis firmatam nanciſcamur. Itaque ad inſtitutum redeo, de Coloribus ſecundum præcedentes quinque Propoſitiones explicatis diſceptaturus.

PRO-

Digitized by Google

PROPOSITIO I.

Radiis diverse refrangibilibus diversi competunt Colores.

Quo primum comprobem, repetamus experimentum Prismatis sub initio propositum; nempe, Radii solares obtenebratum cubiculum ad foramen F (*Fig. 65. Tab. XIV.*) ingressi, a Prismate ABC, quamproxime foramen istud intus disposito, refringantur, tendentes deinde versus oppositum parietem H I ad imaginem P T ibi depingendam; & imago illa, ut vulgo notum est, Coloribus tingetur, quorum rubeus ad extremitatem T a recto cursu minus deviantem, & purpureus ad alteram procliviorem extremitatem P procidet; cæruleus autem, viridisque, & flavus ad Q, R, & S, intermedia loca, cernentur. Constat itaque, quod Radii maxime refracti Purpuram exhibent, & minime refracti Ruborem ceterique, intermediam Refractionem passi, Colores in ordine præfinito intermedios. Sed in majorem evidentiam, tum doctrinæ de Radiorum diversa Refrangibilitate sub initio propositæ, tum hujus doctrinæ, quod certis Refrangibilitatis gradibus certi conveniant Colores, videamus e contra, an diversi Coloris Radii diversam Refractionem patiantur; hoc est, an Radii versus P tendentes Refractionem iterum majorem patiantur, quam qui tendunt versus T; id, quod variis modis tentare liceat, quorum facillimum & maxime perspicuum sequentem existimo.

Sume aliud Prisma *a b c*, (*Fig. 65. Tab. XIV.*) & illud alicubi inter primum Prisma ABC, & imaginem P T, ita colloca, ut sit illi Prismati A B C transversum, sive parallelum imagini P T, Radiosque versus P T tendentes intercipiat, & alioversum refringat, puta, versus *p t*. Hoc facto, imaginem *p t*, Refractionibus utriusque Prismatis sic effectam, videbis, ut prius, coloratam, sed in alio tamen situ dispositam; non parallelam imagini P T, sed secundum extremitates rubras manifesto convergentem. Jam, cum Radii ad utrosque Colores, rubrum T, & purpureum P pertinentes, similiter incidant in Prisma secundum *a b c*, si eandem præterea Refractionem paterentur, imagines P T, & *p t* deberent esse parallelæ, & ideo, cum non existant parallelæ, sed imaginis *p t* extremitas purpurea *p* longius ab altera imagine P T transferatur, quam extremitas rubea *t*; necessario concedendum est, quod Radii ad extremitatem purpuream P tendentes magis refringantur, quam qui tendunt ad extremitatem rubeam T: hoc est, quod Radii generantes Purpuram apti sunt, ut magis refringantur, quam Ruborem efficientes; atque idem quoque de Coloribus intermediis eadem ratione constabit, sicut ostendendum proposui.

In experiendis hisce notari poterit, quod, quo vicinius anteriori Prismati A B C, sive quo remotius a pariete H I collocetur Prisma posterius *a b c*, imagines *p t* & P T, eo magis ab invicem distantes, etiam ad se magis inclinabuntur; adeo ut angulum semirectum vel paulo minorem eo contineant, cum Prismata collocantur ad invicem vicinissima; cujus rei ratio facillima est consideranti, quod distantiæ P *p* & T *t* sunt in ratione quadam data. Sic, in *Fig. 66. Tab. XIV.*, si parallelæ P*p* ac T*t* sint in ratione data, quo majores existant, eo major erit inclinatio linearum omnium *p t*. Et hinc patet axes imaginum omnium productos convenire ad commune aliquod punctum cum axe ipsius P T.

Si forte concursus imaginum desideretur, Radii O F a Sole directi eo usque producantur, donec occurrant cum plano H I, in quod dictæ imagines projiciuntur, quemadmodum videre est ad X; id, quod fiet auferendo Prisma A B C, ut jubar per F trajectum recta tendat ad X; & erit X locus, ad quem imagines P T & *p t* convergunt. Nam, quemadmodum Radii maxime refrangibiles cadunt in P ac *p*, & minime refrangibiles in T & *t*, conficientes imagines oblongas P T ac *p t*, si alii præterea Radii darentur minus adhuc refrangibiles, illi citra punctum T ac *t* in papyrum I H caderent, quo pacto imagines illæ paulo longiores evaderent, auctæ sci-

Digitized by Google

ſcilicet ad extremitates T ac *t* . Atque ita, ſi fingeremus Radios gradatim minus, atque adhuc minus, refrangibiles dari, uſque dum deventum eſſet ad Radios adeo pertinaces, ut non poſſent omnino refringi, illi Radii Priſmata ſine aliqua Refractione pertranſeuntes, incidere deberent in ipſiſſimum punctum X, ad quod poſuimus Radios a Sole directe venientes tendere. Imagines itaque P T & *p t* ſic productæ convenirent ad X, & proinde ad idem X convergunt. Ceterum, dubitari poteſt; an imagines illæ, ſi eo uſque producerentur dum convenirent ad X, forent accurate rectæ, vel paulululum incurvatæ; neque iſtud, (cum multi foret laboris & parvi momenti,) jam lubet determinare; ſufficit, quod, ex obſervatione, quamproxime convergunt ad X.

De hoc experimento ſub initio obſervabam, §. XXIII., quod omnibus adverſatur objectionibus, quæ contra doctrinam de inæquali Refrangibilitate traditam proponi poſſunt; ex eo quod per tranſverſam Refractionem ſecundi Priſmatis conſtat inæquales Refractiones non eſſe fortuitas & irregulares; neque ex Radii cujuſque diffuſione vel dilatatione ortas eſſe, aut alia quavis cauſa, præter diſpoſitionem cujuſque Radii ad Refractionem in gradu aliquo certo & conſtante patiendam; quandoquidem cujuſque Refractio in utroque Priſmate ſecundum illam legem peragitur. Addo jam, quod exhinc etiam conſtat, Refractiones ſingulorum Radiorum ſecundum eaſdem leges peragi, ſive commiſceantur cum Radiis aliorum generum, ut fit in alba Luce, ſive ſeparatim refringantur, Luce prius in Colores converſa. Nam, experiri eſt, quod ſimiles ſunt Refractiones poſterioris Priſmatis, cum proxime collocatur poſt alterum Priſma, antequam Lux per id trajecta tranſmigret in Colores, atque cum longius poſt illud Priſma ſtatuitur, ubi Lux evaſit colorata.

Si cui in poteſtate eſt inſtrumentum aliquod ad quantitates Refractionum accurate menſurandas paratum, nullus dubito, quin iſtius etiam ope ſeorſim dimetiendo Refractiones diverſorum generum Radiorum, facile obſervabit earum differentias, licet ego prædictis, tanquam manifeſtiſſimis, acquieſcens, haud operæ pretium duxerim rem aliis modis experiri. Verum, ut cuique magis pateat, quanta ſit prædictorum evidentia, quædam, quæ exinde ſcaturiunt notatu digniſſima, proferre non pigebit.

Sit F *f* (*Fig. 67. Tab. XIV.*) paries, vel operculum feneſtræ duobus foraminibus F & *f* Luci pervium, iiſque digitos duos ab invicem diſtantibus, & intus diſponantur duo Priſmata A B C, D E G, in ſitu ſibi invicem parallelo, & perpendiculari ad lineam F *f* per centra foraminum ductam; quæ duo Lucem ingreſſam refringunt ad imagines duas P T, & M N, in oppoſitum parietem projiciendas, ſimili prorſus modo, quo factum eſt in experimento priori; & præterea ſint anguli Priſmatum A C B, D G E, comprehenſi planis refringentibus, æquales; quibus ita conſtitutis videbis imagines P T, & M N, in directum jacentes cum extremitatibus earum T & M contiguis. Quod ſi non eveniat, ſitus unius e Priſmatibus parum mutandus eſt, donec extremitates contiguas eſſe cernas, vel forte nonnihil coincidentes. Purpura M, & Rubore T ſic juxta poſitis, adhibeatur Priſma tertium *a b c*, quod primis Priſmatibus & eorum imaginibus interponatur, in ſitu ad lineam F *f*, ſive ad imagines dictas P T, M N, parallelo; ita nempe, ut Radios utriuſque Priſmatis A B C, D E G, tendentes verſus P T, & M N, pariter intercipiat, eoſque refringens alio projiciat, quemadmodum ad *p t* & *m n*, adeo ut, quæ duobus Priſmatibus in priori ſpecimine facta ſunt, hic videas facta tribus.

His ita paratis & conſtitutis, videbis imagines *p t*, & *m n*, ab invicem disjunctas eſſe, quæ prius apud P T, & M N, fuerunt contiguæ & in directum poſitæ, ita quidem ut Purpura *m* in extremitate imaginis *m n* magis diſtet ab imaginibus primis P T & M N, quam Rubor *t* in extremitate imaginis *p t*; id, quod nullo modo potuiſſet accidiſſe, niſi Radii, ad Purpuram generandam apti, aliquanto magis refringerentur ex Incidentia pari, quam Radii generantes Rubedinem. Etenim, cum Radii Coloris utriuſque pariter incidant in Priſma poſterius *a b c*; pariter etiam emergerent, ſi æqualiter refringerentur; & exinde depingerent imagines *p t* & *m n*

Digitized by Google

prioribus P T & M N parallelas & in directum jacentes. Dixi Radios utriusque Coloris, (purpurei, rubeique,) pariter incidere in Prisma posterius *abc*; quod ne moram injiciat alicui, concipiendum est, quod Radii F T tantum inclinantur versus extremitatem ejus *c*, quantum alteri *f* M versus extremitatem alteram *ab*, & sic incident pariter, sive ad eosdem angulos, licet non paralleli. Si quis tamen velit efficere, ut incidant etiam paralleli, nihil aliud agendum est, quam ut alterum e Prismatibus anterioribus A B C, vel D E G, circa suum axem paululum convertatur, donec inter T, & M, interiores imaginum extremitates, tanta intercedat distantia, quanta est inter foramina F & *f*, sive quanta isti rei sufficiens videatur; imaginibus ad istam distantiam in directum jacentibus; & Prismate *abc* deinceps interposito, facile percipiet, quod incidentes parallele, emergent inclinati, tum quod imagines non amplius in directum jacebunt, tum quod Purpura M ad majorem distantiam transferetur, quam Rubedo T.

Si tria Prismata non praesto sint, experimentum jam recitatum duobus experiri possit, idque modo magis expedito & facili. Sit A B C D E (*Fig. 68. Tab. XVI.*) Prisma, cujus unum latus planum A B D E papyro denigrata tegatur, duobus parvis foraminibus F & *f* Luci pervia, quorum foraminum situs esto ad longitudinem Prismatis transversus. Tunc, Prismate hoc ita disposito, ut Radii permeantes ista foramina terminentur in oppositum quoddam planum, puta, papyrum H I; transferatur ista papyrus ultra citraque, donec videas imagines duas P T, & M N, contiguis extremitatibus in directum conjunctas, ut prius; deinde, altero Prismate *a bc* interposito in situ ad alterum transverso, videbis imagines illas P T, & M N, ad *pt*, & *mn*, ita translatas esse, ut non amplius jaceant in directum, Rubedine *t* a T minus remota, quam Purpura *m*, sicut in prioribus contingebat.

Est & aliud ex eodem fonte derivatum specimen, haud expertu difficilius, aut minoris evidentiae. Prismate A B C, (*Fig. 69. Tab. XIV.*) juxta foramen F, ut prius, collocato, ad distantiam convenientem, (veluti duodecim pedum,) statuatur aliud Prisma *abc* in situ transverso, respectu prioris, vel forte parallelo, aut alio quovis pro arbitrio; ita tamen, ut anterius Prisma A B C Lucem refractam & coloratam projiciat in aliquod ex planis lateribus *ac*; quod quidem latus obducatur papyro denigrata, & exiguo foramine G per medium transfossa, per quod aliqui ex Radiis ab anteriore Prismate refractis transeant in hoc Prisma posterius; ubi, cum rursus refracti fuerint, pergant ad papyrum H I ab inde decem pedibus, vel pluribus, distantem. Quibus ita constructis & dispositis, in situ illo figantur papyrus H I, & posterius Prisma *abc*. Denique prae manibus sumatur anterius Prisma A B C, non ut moveatur e loco ejus, sed ut motu tantum angulari nunc huc nunc illuc paululum inclinetur, ut alios atque alios Colores successive trajiciat per foramen G in oppositam papyrum H I; & videbis, quod Color quilibet diversus ad locum diversum perget. Veluti, cum ea sit positio Prismatis A B C ut rubeum Colorem projiciat in G, si ponatur, quod ille ab altero Prismate *abc* refringatur ad T, tum, positione Prismatis A B C paululum mutata, inclinando circa axem donec Purpura cadat in G, videbis, quod ille Color juxta obliquiorem tramitem refringetur, puta, ad P; & pari modo, si Color aliquis intermedius incidat in G, idem refringetur ad locum ipsis P & T interjacentem. Quamobrem, cum Radii cujuslibet generis pergentes a foramine F positione dato ad foramen G positione datum, & ideo similiter incidentes in Prisma posterius *abc*, refringantur ad loca diversa P, T, ceteraque intermedia, constat, quod inaequaliter refringantur; &, cum refractus G P observetur magis deflectere ab incidente F G, quam refractus G T, constat, quod Radii Purpuram exhibentes magis refringantur, quam exhibentes Ruborem; cetérique deinceps in ordine intermedio.

Siqua forsan oboritur suspicio, quod ex motu Prismatis A B C foraminibus F, & G, interpositi, Incidentia Radiorum diversos Colores efficientium tantum varietur, quantum sufficiat ad varietatem efficiendam locorum P, T, &c., ad quos refringuntur, quamvis motus iste sit exiguus & ineptus huic effectui; tamen, ut suspicio

illa

Digitized by Google

illa prorsus eximatur, anterius Prisma A B C ad alteras partes foraminis F, Solem versus, collocandum est, ut Radii incidentes in foramen G directe veniant a dicto foramine F: eo enim pacto, cum foramina F, & G, positione determinentur, positio Radiorum per utrumque trajectorum determinabitur, eademque accurata erit omnium Incidentia, quoscunque Colores exhibentium, & tamen diversicolorum Refractio non secus peragetur ad loca diversa P, T, &c., quam modo explicui.

Ex abundanti denique placet alium recensere modum, quo hæc eadem tentari possint, ne copia desit experturis. Nimirum Radiis, ut prius, per Prisma A B C (*Fig.* 70. *Tab. XV.*) trajectis, ad distantiam quamlibet, puta, viginti pedum, adhibeatur Speculum planum quale I K, vel G H, quod eosdem versus locum quemvis D reflectat, ubi per aliud Prisma L M N transmittantur denuo versus *p*, vel *t*. His positis, si Speculum istud ita collocetur ad I K, ut rubrum Colorem reflectat, & notetur locus *t*, ad quem hi Radii tendunt postquam transiere per Prisma L M N; deinde Speculum statuatur ad G H, ut violaceum, vel cæruleum Colorem ad idem Prisma L M N secundum eandem Lineam P T D reflectat, & notetur locus *p*, ad quem isti etiam Radii a dicto Prismate L M N refringuntur; invenietur, quod cæruleus Color, versus *p* refractus, longius divaricabit ab incidentibus Radiis P T D, quam rubeus, refractus versus *t*: Atque adeo, quod Radii, cæruleum generantes, majorem Refractionem patientur, quam generantes rubeum.

Cum veritatem propositam sic fecerim stabilitam, hanc Propositionem concludam, adnotando connexionem & affinitatem, quam Coloribus, & Refractionibus interesse dixeram; nempe, ex ostensis non solum pateat, quod diversa Colorum genera cum definitis gradibus Refrangibilitatis reciprocantur; sed & iisdem experimentis probatur, dari Radios diverse refrangibiles, & Radios diverse refrangibiles esse diversi Coloris; iisdemque probatur e contra Radios diversicolores esse diverse refrangibiles, & inde Radios diverse refrangibiles dari. Et scopus eorum, quæ in primis Lectionibus de dispari Refrangibilitate Radiorum edocui, quoad causas Colorum intelligendas, multum illustratur, ut pateat, quod una absque aliis dilucide tractari nequeant.

PROPOSITIO II.

Radiorum formæ, sive dispositiones colorificæ, non sunt Refractione mutabiles.

Transacta assertione, quod diversicolores Radii sint diverse refrangibiles, & e contra; videamus, an cujuscunque Radiorum seorsim spectati generis Color a Refractione mutari possit; & hoc a novissime tradito experimento quadantenus decernitur. Scilicet, cum extrema Purpura incidebat in foramen G (*Fig.* 69. *Tab. XIV.*), Radii secunda vice ad P refracti Purpuram iterum exhibuere, sine aliqua Flavedine, Rubore, aut Viriditate exinde generata; &, cum extrema Rubedo in G projiciebatur, eadem Rubedo in T absque violaceo, cæruleo, aut viridi emergente apparuit.

Sed experimentum nondum omnibus numeris absolutum est; nam, ubi Prisma *a b c* non transversum, sed alteri Prismati A B C parallelum statuebatur, e Purpura cæruleus, & e Rubedine flavus eliciebatur, præsertim si non summæ Colorum extremitates per G trajiciebantur; cum autem Viriditas trajecta fuit, Colores utrinque proximi, (cæruleus nempe, & flavus,) emersere; & sic flavus citriusque, Ruborem, & Viriditatem, ac cæruleus, Viriditatem, & Purpuram præbuerunt: Eorum itaque reminisci oportet, quæ sub initio, de more quo oblonga hæc imago P T ex circulis in directum positis formatur, explicui; & inde constabit hosce Colores, non simplices esse, sed e plurium mistura componi. Nam, concipe genus Radiorum æqualiter refrangibilium, & intensam Purpuram generantium, ab integro solari disco profluere, & per Prisma versus imaginem P T (*Fig.* 71. *Tab. XV.*) traje-

 ctos,

Digitized by Google

ctos, incidere in circulum A C. Deinde, aliud concipe Radiorum paulo minus refrangibilium genus in alium circulum Y Z, (qui priorem in G contingat,) incidere; & manifestum est, quod nulli istorum generum Radii commiscebuntur; quippe, cum circulos A C, & Y Z, ex nulla parte coincidentes occupant. Quod si tertium Radiorum, intermediam Refractionem passorum, genus, in circulum E F, quasi in medio positum, incidere fingas, patebit aliquos ex istis cum utrisque prioribus in spatiis H I & K L misceri, in quibus nempe circuli ab illis illuminati coincidunt; atque ita, si concipias imaginem totam P T ex innumeris circulis in longum dispositis componi, quorum quilibet a diversis Radiorum generibus illuminatur, constabit, quod in omni ejus parte Radii heterogenei commisceantur, quibus deinde per iteratam Refractionem magis segregatis, Color quilibet in simpliciores resolvi debet. Sic, in viridi latet flavus, & cæruleus, qui tamen non conspiciuntur, tum, quod viriditatem generantes, sive, (ut perspicuitatis gratia voces fingam,) viridiformes Radii propter copiam præpollent, tum, quod flavus & cæruleus viridem componunt, sed quatenus per secundam Refractionem secernuntur, unusquisque sub propria forma videbitur. Et sic in aliis.

His perspectis, periclitatus sum, quid e pluribus Refractionibus eveniret, hoc fretus consilio, quod Colores iteratis Refractionibus plus plusque mutari deberent, si modo a singulis quamlibet internam mutationem paterentur; contra vero, si non intrinsecus mutati, sed per divergentiam difformium Radiorum e misturis tantum educti & segregati essent, tum apparentes mutationes iteratis Refractionibus minores fieri; propterea quod Colores qualibet vice simpliciores evaderent: & experienti posterior casus evenit. Scilicet, cum Coloris per posterius Prisma *a b c* trajecti, partem aliquam tertio Prismate ad distantiam aliquot pedum disposito exceperim, Color ille denuo trajectus adeo perdurabat, ut, si ratione non constitisset mutationem aliquam eventuram fuisse, sensu judice haud mutari percepissem. Tentabam deinde, siquam quarta Refractione mutationem sensibilem inducere potuerim, sed frustra. Interea cavendum est, ne foramina F, ac G, ceteraque, per quæ Lux transit, majora statuantur, quam exigunt Colores, ut evadant perspicui.

Est & alia methodus, qua diversi Colores ab invicem segregari possunt, ut in segregatis examen statuatur; scilicet experimentum sub initio traditum est, quo Solis imago P T, per contractionem cujusque circularis imaginis, oblongam illam efformantis, multo oblongior, quam alias, evaserit. Nam, in contracta imagine *p t*, (*Fig.* 72. *Tab. XV.*) quæ totidem constat circulis, eadem centra retinentibus, quot sunt in majori P T, circuli minus coincidunt. Sic enim A C, & E F, ex parte H I coincidunt; at, cum in minores *a c*, & *e f*, contrahuntur, videre est, quod ex omni parte ab invicem distant, & sic de aliis. Quamobrem, cum circuli a diversis Radiorum generibus illuminati jam minus confunduntur, Colores evadent minus commixti, utut non fient omnino simplices, propterea quod circuli inter *a c*, *e f*, ceterosque positi, cum illis ex aliqua sua parte possint coincidere. Sed hac de causa plures ejusdem cujusque Coloris gradus tantum commisceri possunt, ut cyaneus & indicus, in cæruleo: coccineus, minius, & fortasse citrius in rubro, & sic de aliis. Quæ quidem mistura semper fiet eo minor, quo imago *p t* in angustiorem contrahitur.

Disposui itaque Prisma A B C, (*Fig.* 73. *Tab. XV.*) una cum Lente L M ad distantiam quasi decem pedum a foramine F, per quod Sol illuxit cubiculum; & Radii, per hæc duo vitra trajecti, desideratam imaginem contractam *p t* ad pedes exinde decem, circiter, formabant; Lente L M existente tali, ut Radios parallelos ad focum quinque pedibus a se distantem cogeret. Deinde aliud adhibui Prisma H I K, cujus latus planum H I velamine nigro, ad *n*, (ut dictum est,) transfosso, tegebatur; & ad imaginem *p t* statui, ubi Colores, secundum latitudinem, maxime contractos & distincte terminatos vidi, ut eorum aliquis pro arbitrio transmitteretur per *n* in parietem, vel papyrum Y Z. Quibus positis, observabam deinde, quod Colores hoc modo multo minus a repetitis Refractionibus mutati fuerint, quam in

Digitized by Google

in præcedentibus. Cum Rubor per *n* transmissus est, idem Rubor ad Y Z apparuit, & non alius Color quispiam, demptis variis ejusdem gradibus, ut coccineo & minio: Et sic Viriditas in varios solummodo gradus discreta fuit, ex una parte vergens ad flavescentem Viriditatem, & ex alia thalassinum; sed in flavum aut cæruleum, aliumve Colorem quemvis, ex nulla sui parte transformari potuit. Atque idem in aliis Coloribus contigit.

Observabam præterea, quod, cum foramen F factum erat angustius, ut, per imaginis *p t* majorem contractionem, Colores evaderent simpliciores, Colores ad Y Z trajecti minus adhuc mutati fuerint; & vix aliquam mutationem sensibilem passi fuisse videbantur, cum foramina non latius duodecima parte digiti patuere; hoc tantum excepto discrimine, quod Lux apud *p t* fortior erat, (quia magis contracta,) quam apud Y Z. Atque adeo nil dubitandum esse censeo, quin Colores evaderent prorsus immutabiles, si modo per indefinitam parvitatem foraminum F, & *n*, omnino in simplices discerni possent. Et hoc ex eo etiam confirmatur, quod, cum texi Lentem L M juxta perimetrum ejus velamine nigro, per medium ad latitudinem fere semissis digiti circulariter pertuso, figura imaginis Y Z pene orbicularis evasit; & eo magis orbicularis, quo magis foramen F contraxi. Id, quod notari vellem, cum plurimum illustret, causam imaginis T P in longitudinem diductæ non aliam fore, quam Radiorum Coloribus dissimilium diversam Refrangibilitatem.

Ceterum, quo propositum adhuc magis pateat, & ex abundanti ut constet, quinam sint Colores primitivi, adverto circulos A C, E F, Y Z, *Fig.* 71. 72. *Tab. XV.* ceterosque in alternas partes juxta lineam, quæ per omnium centra transit, maxime extendi, & ab invicem recedere, antequam attingant parallelas rectas A B. & C D, quibuscum imago illa utrinque terminatur. Sic A C & E F, se mutuo secantes in H & I, recedunt postea, non omnino coincidentes in triangulis A H E & C I F. Colores itaque, juxta ipsissimas extremitates A B & C D, sunt omnino simplices. Et ex hoc fundamento propositum assequi possem, sed, cum circuli illi, statim ut ab extremitatibus ipsis recedunt, inter se mutuo nimis interferantur, quam ut Colores per aliquam sensibilem latitudinem satis ad experimenta commode instituenda segregentur; rem potius ad hunc modum assequar.

E præostensis constat, figuras, ex quibus in longum dispositis imago P T componitur, circulares esse propter Solis discum circularem; & inde, si discus ille triangularis esset, vel alia quacunque non circulari perimetro terminatus, illæ etiam figuræ, vel triangulares, vel alio quovis modo ad instar Solis terminatæ evaderent. Et par est ratio de foramine F, & figuris ad instar istius foraminis, ex quibus in longum similiter dispositis imago *p t* constituitur. His animadversis, vice orbicularis foraminis F triangulare substituitur, cujus altitudo verbi gratia sit plusquam digiti, basis tertiæ, quartæve, partis digiti, & crura æqualia. Et, Prismate A B C ad trianguli hujus perpendiculum existente parallelo, imago *p t* (*Fig.* 74. *Tab. XVI.*) quadrilatera ex triangulis *c a f*, *e m h*, *g n i*, ceterisque infinitis multis efformata est, quibus, juxta bases in linea *c d* positas, cum se mutuo partes maxime communicantibus, exinde ad usque ipsorum vertices recessio gradatim facta est, donec in verticibus ad rectam *a b* sitis penitus dissocientur; adeoque Colores ibi simplices evadunt.

Jam vero observabam, quod simplices, sive primitivi Colores, juxta terminum *a b*, etsi longe debiliores, tamen (sensu judice) ejusdem speciei apparuere, ac compositi juxta terminum *c d*, cujus rei ratio est, quod Color quilibet primitivus per commisturam Colorum utrinque confinium exhiberi potest, ut in sequentibus patebit. Colorum vero, quos hoc pacto primitivos esse constitit, gradus esse insigniores: coccineus sive purpureus, minius, citrius, luteus, sive heliocryseus, subflava viriditas, gramineus, thalassinus, cyaneus, indicus, & ejusmodi Violaceus, qui ad usque extremitatem imaginis extendebatur, sed absque immista rutili alicujus fulgoris tinctura apparuit, si modo cubiculum factum fuerit valde tenebrosum.

Ob-

Digitized by Google

Observabam præterea, quod Coloribus hisce juxta terminum $a\ b$ conspicuis, non potui sensibilem speciei mutationem Refractionibus utcunque repetitis inducere. Quinetiam tentabam, si quo alio pacto mutare possem, quemadmodum reflectendo a corporibus diversimode coloratis. Sed in eo frustra fui; nam, (superflua Luce quaquaversum penitus exclusa,) si cæruliformes Radii in Aurum incidere, illud Aurum cærulei Coloris evasit: si flaviformes in Indicum incidere, flavescebat Indicum. Et sic in ceteris, adeoque hanc propositionem satis, superque, stabilem esse censeam.

PROPOSITIO III.

Colores albi & nigri, cum cinereis, sive fuscis, intermediis, ex Radiis uniuscujusque speciei confuse mistis generantur.

Assertionis veritas e præcedenti Propositione manifesta est; nam Colores qui non sunt ex primitivis, (quales non reperiuntur jam recensiti,) per compositionem generari necesse est. At non gravabor tamen fusius probare; idque potissimum, cum Lucem, cui Color albus competit, ex Radiis, quoad qualitates colorificas æque ac Refrangibilitatem, heterogeneis componi, eaque de causa albere, certissime constat. Proponitur itaque jam monstrandum esse, quod, cum omnes omnino Colores, quos Prismata generant, debite commiscentur, Albedo exinde resultabit; deque tali mistura perfecte componenda plures modos, eo quo cogitabam ordine, recensere animus est.

Ac primo rem aggressus sum cum pluribus Prismatibus ita dispositis, ut Colores eorum in eundem locum inciderent, & sic inter se miscerentur. Sint A B C, D E F, ac G H (*Fig.* 75. *Tab. XVI.*) tria Prismata juxta se situ parallelo ita disposita, ut alterum D E F sit alteris duobus A B C, & G H I, utrinque vicinissimis intermedium, in morem trium linearum conficientium capitalem literam græcam Ξ; & Lux per unumquodque Prisma libere transiens, excipiatur in papyrum P T, pede uno, vel duobus, postpositam. Coloribus omnium Prismatum sic in ipsam P T projectis, convertantur Prismata circa proprios axes, & videbis Colores illos sibi invicem accedere, vel recedere. Quare convertantur, donec talis sit eorum situs, ut unius Prismatis A B C Rubor, & alterius G H I Purpura, vel Color indicus, cum Viriditate tertii D E F coincidant, sicut vides factum ad R; & ex istis Coloribus ita sibi commixtis Albedinem generari cernes, Colore purpureo & cæruleo juxta P conspecto; rubeo vero, & flavo juxta T, & albo juxta R ceteros intercedente.

Ceterum in istis experiendis convenit observare sequentia. Primo, si anguli Prismatum planis refringentibus contenti, A C B, D F E, & G I H, sint inæquales, præstat, ut illud Prisma, cujus angulus G I H maximus est, ponatur versus exteriorem partem anguli contenti Radiis incidentibus & refractis; & istud versus interiorem, cujus angulus A C B est minimus.

Secundo, aperturæ, per quas Lux transmittitur trans Prismata, debent esse magnæ; imo convenit, ut transitus Luci per tota Prismata pateat, obstaculo nullo adhibito; neque opus est, ut experimentum in tenebris peragatur, sicut in aliis quamplurimis requiritur.

Tertio, papyrus P T, in quam Colores incidunt, non nimis distare debet a Prismatibus: sufficit distantia pedum, plus minus, duorum. Has autem aperturas & distantiam statuo, ut Colores eo melius commisceantur ad Albedinem perfectiorem componendam.

Quarto, ut Colores ad R facilius etiam & satius commisceantur, Prisma A B C statuatur in situ quocunque tali, ut Radii, tum ingredientes, tum emergentes, Refractionem, præterpropter, æqualem patiantur, & in eo situ figatur. Et Colores ejus ad distantiam duorum pedum excipiantur, vel ad eam potius, ubi vides flavum

ejus

Digitized by Google

ejus & cæruleum modo contiguos, Albedine intermedia tum evanescente. Postea figatur aliud Prisma G H I in tali situ, ut Purpura ejus contingat Ruborem alterius A B C, non autem coincidat illi, & linea contactus notetur. Deinde tertium Prisma D E F sic fige, ut ejus Colorum medietas cadat in dictam lineam contactus; quod ubi contingit, facile cognosces, intercipiendo Lucem cetera Prismata ingressuram. Denique papyrus P T ultra citraque transferatur paululum, donec videas Albedinem perfectam in medio Colorum ad R generari. Quam quidem Albedinem ex variis Coloribus compositam esse constabit, intercipiendo Colores unius, duorumve Prismatum, priusquam attingant papyrum; nam, loco Albedinis, eos, quos non intercipis, Colores intueberis.

Denique, si velis, ut Colores cujusque Prismatis perfectius misceantur, possis adhibere plura Prismata, modo præsto sint; tamen eventus non deerit expectationi, si tria tantum adhibeas. Etenim, Colores cujusque Prismatis seorsum spectati non sunt omnino simplices, sed viridis & rubeus nonnihil miscentur in flavo, & purpureus ac viridis in cæruleo, & sic de reliquis, quemadmodum in sequentibus ostendetur; & inde fiet, quod cum tria tantum Prismata adhibentur, non solum tres Colores, rubeus, viridis & indicus commisceantur in R, sed etiam cæruleus & flavus, una cum omnibus eorum gradibus intermediis, istam Albedinis compositionem ingrediantur.

Verum, cum tot Prismata in situ tam accurato disponere, propter motum Solis & alia incommoda, difficile forsan & laboriosum simul inveniatur, nisi adhibeatur machina quædam ea de causa fabricata, ut ejus ope Prismata in desiderato situ figantur; alium propterea modum profero, quo ista negotio leviori, idque unico Prismate, periclitari poteris. Sumatur papyrus, vel aliud opacum corpus attenuatum in morem laminæ; & in eo confodiantur oblongæ rimæ sex, aut plures, parallelæ, quarum latitudines sint æquales distantiis, aut iis paulo majores. Deinde papyrus ista figatur alicui ex planis lateribus Prismatis. Sit illud latus papyro obductum A C E D, (*Fig.* 76. *Tab. XVI.*) & rimæ in papyro excisæ litteris *l* designentur, quarum situs esto parallelus ad E C, concursum laterum refringentium Prismatis, sive ad verticem ejus. Papyrus autem debet toti isti plano A D E C superindui, nequa Lux, alibi transmissa quam per prædictas rimas, perturbet experimentum. Tum Prisma statuatur in Luce Solis, ut Radii ejus per dictas rimas id ingrediantur, vel, postquam refracti fuerint, per eas egrediantur; & in isto situ figatur. Quo facto, sumatur alia papyrus P T, quæ sic teneatur a Postica parte Prismatis ad distantiam trium, duorumve, digitorum, ut in eam Lux terminetur; & videbis tot lineas Colorum, quot sunt oblongæ rimæ *l*, quarum linearum cuique tot competunt Colores, quot solent apparere virtute Prismatum. Nempe, quælibet rima subit officium unius e Prismatibus, experimento priori adhibitis, & proprios Colores, cæruleum, rubrum, ceterosque, generat quasi tot essent Prismata, quot sunt rimæ. Porro, si papyrus P T longius differatur a Prismate, coloratas istas lineas paululum dilatari cernes, & interjecta spatia minui, donec absorbeantur a Coloribus tandem factis contiguis. Et, si papyrus adhuc longius differatur, Colores a diversis rimis effecti, rubri cum cæruleis primo, deinde alii cum aliis, incipient plus plusque misceri; & sic sese paulatim diluent, donec, cum mistura satis absoluta est, convertantur in Albedinem, præterquam in eorum extremitatibus P ac T, ubi mixtura & confusio fere nulla est. Et isthæc accidunt, cum papyrus P T quasi ad distantiam decem, vel duodecim vicibus majorem ipsa A C, vel B C, latitudine planorum Prisma constituentium, amovetur. Quod si amoveatur adhuc longius, absimilium Radiorum commistio perfectior fortasse evadet, sed Colores purpurei & cærulei ad P, ac flavi ac rubri ad T, latiores fient, & interjectum spatium album minuetur, donec totum destruatur ab istis Coloribus occupatum.

In hisce autem experiendis cavendum est, ut oblonga foramina *l*, sint accurate æqualia, & æqualibus distantiis ab invicem dissita, ne, Luce magis copiosa per aliquod ingressa quam per cetera, Colores exinde generati prævaleant ceteris, & mi-

Digitized by Google

mixturam perfectam conturbent; & sic, vice Albedinis, Colores apparebunt hinc illinc more fortuito sparsi. Illa vero distantia rimarum *l*, ut & earundem latitudo, non male statuitur esse pars digiti, circiter, duodecima, aut ea major forte, si Prisma satis amplum adhibeas. Quinetiam, si cupias, ut experimentum sit omnibus numeris absolutum, vice Prismatum vitreorum vulgo venalium, (quæ sunt nimis gracilia,) debes amplioribus uti, qualia possis efficere ex laminis vitreis utrinque perpolitis, & conjunctis in morem vasculi prismiformis; quod vasculum impleatur aqua clarissima, & undique cemento obturetur. Non multum refert, quænam sit hujus latitudo; sufficit, ut sit trium digitorum. Sed refringentia latera debent esse quatuor, vel sex digitos lata, aut amplius, ut rimæ præfatæ *l*, cum distantiis earum, fiant majores & plures & magis accuratæ. Sin utaris angustioribus, qualia vulgo venduntur, Colores externi juxta P ac T dilatando prius destruent interjectam Albedinem, quam perficiatur per remotionem papyri PT. Et illa præterea, quæ in totum constant ex vitro, Colore aliquo, vel viridi, vel flavo, plerumque tinguntur; & Radios ita tingunt in transitu, ut Albedinem perfectam exhibere nequeant.

Jam vero audire videor objectionem, ex receptis Philosophorum opinionibus depromptam. Dicat enim aliquis, quod Colores, revera & proprie loquendo, non miscentur, sed destruuntur potius; idque ea de causa, quod umbræ vicinia, quæ necessaria est ad productionem Colorum, tollitur, cum Radii per diversas rimas trajecti commisceri incipiunt; & propterea, quod, Radiis sic mixtis, quorum motus inter se dissentiunt, necesse est, ut isti motus destruant alterutros, quibus cessantibus, Color omnis perit, & in Albedinem convertitur. Sic Cartesianus aliquis contendat forte, quod, cum globuli miscentur, quorum rotationes contrariantur sibi, necesse est, ut impediant sese, & alternos motus destruant. Et sic alii objiciant alia.

Sed, responsio multiplex in promptu est; & imprimis inquam, quod, cum umbræ Coloribus interjectæ primum evanescunt removendo papyrum PT, Colores tamen non ideo pereunt, neque minimum immutantur, donec incipiunt misceri per remotiorem distantiam papyri; & Albedo non producitur, donec per distantiam adhuc remotiorem, mistura Radiorum omnis generis evadat perfecta. Unde confinium umbræ non est necessarium ad Colores producendos, neque Albedo generatur ex isto sublato.

Secundo, Colores, qui primo omnium miscentur, nimirum purpureus, sive violaceus, & rubeus, videntur maxime esse omnium dissimiles, propterea quod adversas Colorum extremitates occupent. Quamobrem itaque motus eorum contrarii non destruunt sese, neque Color albus generatur, antequam ceteri etiam Colores omnes misceantur.

Tertio, cuique licet observare, idque nullo negotio, quod Colores non omnino mutantur, trajiciendo Radios per medium quantumvis luminosum: sic Colores Prismatum sunt iidem, sive trajiciantur per spatium illuminatum, sive tenebris involutum; & res omnes eodem modo coloratæ cernuntur, sive conspiciantur cum Lumen Solis trajiciatur per intermedium spatium, sive cum excludatur; id, quod secus esset, si Lux in Lucem per idem medium transeuntem posset agere. Quinimo, si Radii duobus Prismatibus refracti sese decussent, postquam ab invicem discreti sunt, eosdem Colores efficient, quos alias efficerent, si non omnino miscerentur. Id, quod non posset evenire, si Radii diversis Coloribus tincti sibi mutuo per eadem spatia transeuntibus mutationem aliquam inducerent.

Quarto, cum in illa distantia papyrum PT fixeris, ubi Colores Albedinem optime componunt, statuatur alia papyrus YZ ad distantiam duorum, vel trium, digitorum a Prismate, & in ea notentur lineæ coloratæ, tum exscindantur istæ partes papyri, in quas dictæ lineæ cecidere; factis, eo pacto, rimis oblongis v, v, v, v, v, v, parallelis & æqualibus, ut & æque latis ac distantibus: deinde papyrus ista YZ in locum suum restituatur tres digitos, circiter, a Prismate distantem, ut

per

Digitized by Google

per rimas ejus Lux colorata trajiciatur ad alteram papyrum P T longinquiorem; quo facto, possis observare, quod, si parum deprimas papyrum Y Z, ut purpureos Colores, & cæruleos superioribus labris rimarum ejus impingentes intercipiat & transmittat ceteros, Albedo ad papyrum P T convertitur in rubeum Colorem, aut citrium, vel flavum: sin attollas eam, ut rubei & flavi labris inferioribus intercipiantur ceterique perlabantur, Albedo ista convertitur in purpureum, indicum, & cæruleum; perinde ut fieri oportet in mixtura Colorum; nam, unis e mixtura sublatis, alteri debent ad propriam speciem & formam restitui.

Quinto, papyro Y Z sublata & reliquis stantibus, papyrum alteram P T in meditullio Albedinis acu perfora, ut Lucis ejus alba portiuncula trajiciatur, quam deinceps accipe in aliam papyrum, isti P T ad distantiam quatuor, vel sex, digitorum postpositam, &, vice Albedinis, Colores iterum apparebunt. At, quomodo Colores illi de novo generari potuissent, si destruerentur in productione, potius quam miscerentur, non video. Concedendum est itaque, quod tantum miscentur, & quod Radii variis Coloribus tincti, & promanantes a diversis rimis, *l*, *l*, decussant sese in dicto foramine acu effecto; &, postea divergentes ab invicem, gradatim segregantur, & segregati proprios iterum Colores depingunt, quemadmodum posthac fusius explicabitur. Ad eundem præterea modum, si Speculum aliquod planum & exiguum K statuas in medio Albedinis, ad P T papyrum effectæ, ita quidem, ut aliquos ex albificantibus Radiis aliorsum, veluti ad *pt*, reflectat; Lux alba sic reflexa degenerabit in Colores, quos videre est ad *pt* papyrum objiciendo. Etenim, Radii tincti cum diversis Coloribus, & in Albedinem ad Speculum K commisti, inclinantur ad se invicem, propterea quod adveniunt a diversis fissuris *l*, *l*, *l*, *l*, *l*, *l*. Atqui tantum divergunt a Speculo, postquam reflectuntur, quantum antea convergebant. Divergentes itaque paulatim dissocientur, ac dissociati proprios Colores non secus exhibebunt, quam si nunquam fuissent commisti. Liquet ergo, quod in mistura Radiorum diversicolorum dispositiones ad efficiendos varios Colores non destruuntur, utut Albedinem exhibeant, dum commisceantur sibi.

Ad hæc, lamina K, si valde obliquetur ad Radios in ipsam incidentes, non amplius alba apparebit, sed, vel cum rubeo, vel cæruleo Colore imbuta, prout, vel versus verticalem angulum, vel versus basin Prismatis inclinatur; id, quod nullo modo accideret, si alba Lux, quacum illuminatur, homogenea esset; quandoquidem alba & specularia corpora reflectendo Lucem, non mutant Colorem ejus. Sed hoc ex eo evenire fatendum est, quod in Speculum, quando incidentibus Radiis admodum obliquatur, pauciores ex obliquioribus Radiis in illud incidant, inque reflexa Luce major sit copia Radiorum minus obliquorum, qui proinde prædominantur, & proprium Colorem ostendunt, quem non possent exercere, si, ad Albedinem Lucis incidentis producendam, non tantum cum aliis Coloribus miscerentur, sed revera transmutarentur in uniformem Albedinem. Ceterum nota, quod in isthoc experimento faciendo, præstat laminam non perpolitam, sed superficie nonnihil aspera, (qualis est nummi argentei, vel chartæ, &c.,) præditam adhibere.

Præterea, vulgo notum est, quod ex pulveribus diversicoloribus inter se commistis novus Color emergit; tamen, si pulveres isti inspiciantur Microscopiis, omnes videntur tincti propriis Coloribus. Adeo ut, ex mistura pulverum, Colores proprii non destruantur, sed permiscendo tantum Color novus eliciatur. Verum iidem plane Colores ex mistura Colorum Prismatum ac pulverum producuntur. Sic, pulvis cæruleus cum flavo mistus producit Viriditatem; & eadem Viriditas etiam producitur ex mistura Radiorum tinctorum cum cæruleo & flavo; & proinde non dubium est, quin Colores novi ex coalescentibus Prismatum Coloribus, non facta assimilatione sed mistura tantum, similiter oriantur. Ceterum, ut nullum dubitandi locum relinquerem, effeci, ut pulveres Colorum principalium, quos Prismata generant, rubei, flavi, viridis, cærulei, & purpurei, in proportione certa miscerentur; &, licet Albedo perfecta non prodibat, tamen isti Colores ad sensum periere, & quoddam genus Albedinis fuscum & obscurum, sive mediocre inter Albe-

dinem perfectam & Nigredinem, producebatur: Quod nostro proposito non minus inservit, quam si Albedo perfecta prodiisset; quandoquidem fuscus ille ab albo perfecto tantum differt quantitate Lucis, non autem specie Coloris; ut exinde pateat, quod producitur ex albo cum Nigredine contemperato. Neque expectandum est, ut mihi videtur, alium quam fuscum Colorem e tali pulverum mistura generari. Nam, cum pulveres colorati intromittant maximam partem Lucis, istam fere solam reflectentes, quæ apta est ad exhibendos proprios Colores, ut ostendetur postea; eorum mixtura maximam quoque partem Lucis intromittet. Unde, pro Albedine perfecta, talis Color generandus est, qualis efficitur ex Albedine, & Nigredine mixtis, id est, fuscus. Attamen non eo inficias, quin tales forte pulveres inveniantur, præsertim inter mineralia, qui tantum Lucis reflectant, ut mixti exhibeant Albedinem perfectiorem, quam hactenus vidi ex mixturis effectam. Ceterum, quod pulveres Coloribus tantum quinque præcipuis tinctos miscebam, non ideo cogitandum est Albedinem ex quinque solis productam fuisse, sed ex omnigenis. Nam, in omnium corporum Coloribus alii latent principalibus commisti, licet minus fortes, ut a principali separati non cernantur; sic, in cæruleo pulvere latent cyaneus & indicus aliique gradus omnes usque ad viridem, aut flavum fortassis ex una parte, & ad intensum purpureum ex altera; utut cæruleus solus appareat, quod sit ceteris longe copiosior.

Experientiis hisce admonitus in mentem præterea revocabam, quod corpuscula, quæ conspiciuntur in Radiis solaribus huc & illuc volitantia, varios Colores exhibent, modo quisquam ea diligenter observet in cubiculo quaquaversum Luci occluso, præter unicum foramen, per quod illuminantur; & tamen, cum isti pulvisculi in acervum congregantur, nullus omnino Color apparet, præterquam fuscus.

Non minus apposita est observatio, quod, cum aqua, sapone in ea soluto, paululum inspissata & in spumam, agitando, conversa fuerit, postquam paululum constitit spuma; in singulis bullulis, ex quibus conglomeratis efformata est, innumeri omnis generis Colores acutius inspicienti apparuere; & tamen spuma, ad tantam distantiam spectata; ubi Colores in singulis bullulis ab invicem distingui nequibant, apparuit perfecte candida.

Patet itaque Colores Prismatum revera non destrui ad Albedinem producendam, sed commisceri tantum; quandoquidem emergunt immutati, cum Radii coeuntes decussavere, &, per subsequentem divergentiam, iterum dissociantur; & proprios etiam Colores exhibent, cum aliqui copiosius, quam ceteri, reflectuntur. Atque subalbus Color e mistura pulverum omnigenis Coloribus præditorum, ut & Albedo perfectior e diversicoloribus bullulis, sine aliqua congredientium Colorum mutatione, similiter emergat. Ad hæc, cum rei dignitas postulare videatur ut nullus non moveatur lapis, præter modos præcedentes componendi Albedinem, lubet adhibere tertium, & quartum deinde, quo facilius prædicta experiri possis, & magis forte cum evidentia.

Posito, quod Sol illuceat obscurato cubiculo per unicum tantum foramen F, (*Fig. 77. Tab. XVI.*,) cui Prisma A B C affigitur, ingressam Lucem refringens ad P T. Juxta Colores in papyrum P T sic projectos, teneatur alia papyrus Z, ut illuminetur a colorata Luce, quam altera papyrus P T reflectit. Quo facto, papyrus Z sic illuminata Radiis omnium Colorum a P T confuse reflexis, apparebit alba. De hoc autem specimine maxime luculento & facili juvabit observare sequentia.

Primo, quod, auferendo papyrum P T, ne Lucem amplius ad Z reflectat, e consequente defectu Lucis in Z cognoscas eam illuminari per solam Lucem coloratam a P T reflexam.

Secundo, si papyrum Z ipsi P T valde vicinam teneas, ut una pars ejus magis illuminetur ab uno Colore, & alia ab alio, ipsa Z non apparebit alba, sed ejus partes ab omnibus Coloribus istis tingentur, quibus sunt vicinissimæ. Sin ipsa Z ad majorem a P T distantiam transferatur, ut omnes ejus partes æqualiter fere ab omnibus

Digitized by Google

mnibus Coloribus illuminentur, ex illa Colorum mixtura generabitur Albedo. Pari ratione, si quemlibet e Coloribus ad papyrum P T tendentibus intercipias, ne reflectatur ad Z, illud Z non amplius albescet, sed evadet coloratum, pro mixtura, quam ceteri Colores in ipsam P T prolapsi componunt.

Denique, quod Albedo illa Z, non destruendo Colores, sed tantum miscendo, generatur, exinde pateat, quod Colores P T cernuntur beneficio Radiorum non secus Oculo mixtim incidentium, quam papyro Z. Itaque, si Colores destruerentur potius, quam miscerentur ad Z, etiam destruerentur ad corneam tunicam Oculi, vel pupillam, ubi tamen certissimum est, quod misceantur tantum, ut decussantes postea divergant ad varias partes retinæ, & sic excitent phantasmata propria. Quinimo, si Radii tincti cum diversis Coloribus, dum per eadem spatia confuse transeant, possent inter se invicem agere, & dispositiones mutare, quas quilibet habent ad expingendos proprios Colores; omnes omnium rerum Colores conturbarentur, & se mutuo transmutarent, dum per aera transmittuntur: ubique scilicet Radiis aliorum corporum omnigenis Coloribus tinctorum occurrentes, & sic in Coloribus visibilium nulla esset certitudo, constantia nulla.

Quartum præterea modum descripturus, quo Colores in Albedinem misceri possint, pono A B C, (*Fig. 79. Tab. XVII.*,) esse Prisma foras ante foramen F dispositum, quod refractam Lucem in obtenebratum cubiculum transmittit versus M N. Tum Lentem M N convexam sume, cujus focus est ad distantiam semipedis, vel pedis unius, duorumve, (quale est objectivum vitrum Perspicilli bipedalis,) & eam statue paulo plus distantem a foramine F, quam focus distat a se; ita scilicet ut Lux colorata per eam deinceps trajiciatur, sicut videre est in schemate: sit autem ejus latitudo, sive apertura, tanta, ut omnes Radios transmittat. Deinde, cum Lentem in dicto situ stabilitam feceris, pone statuatur papyrus P T, in quam Radii hi refracti terminentur, eamque primo colloca proxime ad Lentem, deinde ad majorem distantiam continuato motu transfer; & videbis Colores purpureum P, rubeumque T, contrahi, & eousque minui, dum omnes convertantur in Albedinem, puta, ad X, quatuor, vel sex pedes, aut longius forte distantem a Lente, pro convexitate ejus, vel positione. Deinde, si papyrum adhuc longius transferas, Colores iterum emergent, sed in situ contrario, rubeo ad τ conspecto, & purpureo ad π; neque ulla inter eos ad P T, & π τ, differentia intercedit, præterquam quod situs sit contrarius. Scilicet, a Lente M N effectum est, ut omnes Radii radiantes ab aliquot punctis foraminis F, in totidem iterum punctis congregentur ad papyrum X; & sic omnes omnium specierum, tum Purpuram ad P, tum Rubedinem ad T, tum alios alibi Colores efficientium, convergunt ad X, & ibi confuse miscentur ad Albedinem generandam, de qua imagine alba & orbiculari, monebam supra. Postea vero, cum sese decussavere in X, Radii P X tendunt ad π, & T X ad τ, adeo ut Colores expingantur ad P, & π, per eosdem Radios P π, & iidem ad T, & τ, per eosdem T τ, & sic de aliis. Unde liquet iterum, quod dispositiones Radiorum dissimilium ad diversos Colores producendos non destruantur per eorum mixturam; quandoquidem eosdem expingunt, cum segregantur, quos ante mixturam expingebant.

Porro, si Radios cujusvis Coloris intercipias, interponendo aliquod corpus opacum prope Lentem M N, & ceteros facias missos, videbis non modo Colores interceptos e papyris P T ac π τ; tolli, sed & Albedinem X destrui, & ejus vice Colorem aliquem, qualis efficitur per mixturam Radiorum præterlabentium, generari. Sic, si Radios intercipias ostendentes rubeum ad N, Rubedo T, ac τ, tolletur, ac Albedo X convertetur in cæruleum. Vel, si sistas tum rubeum ad N, tum purpureum ad M, & intermedios flavum, viridem, & cæruleum præterlapsos mittas, ex eorum mistura Viriditas producetur ad X. Et sic, prætermittendo quos velis, & sistendo alios pro arbitratu, possis experiri mixturas quaslibet, & explorare qui Color inde generabitur, modo pretium laboris experientiam illam judicaveris.

Digitized by Google

Verum, cum experimenti hujus dignitas videatur exigere, ut summa cum diligentia retegatur & penitus explicetur, dum plura de Coloribus simul complectitur & exhibet, quam in unico tantum experimento solent latere; non gravabor modum copiosius ostendere, quo Radii miscentur ad X, & nonnulla postmodo scitu non indigna patefacere. Itaque, concipiantur tales Refractiones in Prismate fieri, ut Radii incidant in varios circulos ad lentem MN, qui varios gradus Refractionis patiuntur, prout explicui in præcedentibus, sitque PQRST, (*Fig.* 79. *Tab. XVII.*) oblonga imago, composita ex præcedentibus circulis & in Lentem projecta, quorum circulorum extremi duo sunto PQ purpureus, & ST rubeus. Porro, sit *f*F*f* diameter foraminis, per quod Lux in Lentem trajicitur; cujus foraminis punctum aliquod, ut F, primo consideremus, a quo venientes Radii dictos circulos PQ, ST, totamque imaginem PT efformant: & præterea, cum Radii, eundem quemlibet circulum efformantes, sint homogenei, ponatur, quod Lens sit tali figura prædita, ut eos omnes ad eundem illum circulum, (puta, rubeum ST,) pertinentes, versus punctum quoddam Z exacte refringat; quod fieri posse per Lentem convexis hyperbolis terminatam, ut & per Lentes aliter formatas, *Cartesius* in *Dioptrica* & *Geometria* edocuit. Est itaque Z focus Radiorum FS, FT, & ceterorum uniformiter rubeorum, & recta FZ ducta erit axis Lentis. Præterea, cum Radii FP, FQ, ceterique conficientes alterum extremum circulum PQ, Colorem purpureum ostendant, & propterea magis refringantur quam alteri tendentes ad ST; illi ideo emergent ad punctum quoddam aliquanto propinquius quam Z, veluti ad Y, ut ii facile percipient, qui norunt focos Lentium esse tanto propinquiores sibi, quanto major est earum vis refractiva. Liquet itaque Radios in Coloribus & Refractionibus absimiles ad diversos focos convergere. Sed, cum eadem Lens pluribus focis haud queat aptari, & ideo, cum Z supponatur focus, in quem omnes Radii, ad circulum rubeum ST pertinentes, exacte conveniant, Radii pertinentes ad alterum circulum PQ purpureum, omnes in ejus focum Y exacte convenire nequeunt; attamen eorum concursus juxta Y in axe tam proxime accuratus erit, ut, quoad sensum & experientiam omnem, habeatur pro accurato.

Quinetiam, si Lens MN ponatur sphærice convexa, ut neuter focorum Y, vel Z, stricte loquendo, possit esse accuratus; tamen, quantum ad præsentia spectat, pro accuratis habere liceat. Itaque concipiendo, quod Radii manantes a PQ, & ST, convergant ad Y & Z & ibi decussantes divergant itidem; patebit, quod hi duo Radiorum penicilli concurrent, & miscebuntur in spatio focis Y & Z intermedio, veluti ad *t*, modo Lentis centrum R ponatur intermedium circulis PQ, & ST. Ad eundem modum Radii ceterorum generum convergent in alios focos ipsis Z & Y intermedios, ac tanto propinquiores ipsi Y, quanto major est eorum passio refractiva. Sic, focus viridiformium Radiorum cadet in medio spatio, veluti ad X; Radiique cæruliformes convenient citius inter X & Y, & flaviformes longinquius inter X & Z; ac ceteri Colores intermedii in spatiis intermediis, eorumque penicilli sese decussabunt ultra citraque locum *t*; ita tamen ut istæ decussationes sint eo densiores, quanto sint ipsi *t* viciniores, & ut spatium X*t* sit minimum, per quod omnes Radii transeunt manantes ab eodem puncto F. Non dissimili modo, Radii venientes ab alio quovis puncto foraminis, ut *f*, si sint rubriformes, convergent ad *z*; sin purpuriformes ad *y*; & ad intermedium aliquod punctum, si sint intermedii generis; & eorum concursus densissimus erit in loco medio, veluti *xl*. Atque adeo, ex Radiis ab integro foramine *f*F*f* manantibus, foci maxime refrangibilium jacebunt in superficie *y*Y*y* ad Lentem proxima; & foci minime refrangibilium jacebunt in alia superficie *z*Z*z* a Lente remotissima, focique mediocriter refrangibilium jacebunt in aliis intermediis superficiebus. Et sic omnes omnium Radiorum foci totum spatium *yzzy*, a superficiebus istis integratum, occupabunt, & in eo præcipue penicilli decussabunt & commiscebuntur.

Jam ex hac descriptione venit observandum, quod si papyrus HI teneatur in medio dicti spatii *yzzy*, ut in eam Radii terminentur, ubi est densissimus eorum con-

Digitized by Google

concurſus & miſtura ad Albedinem generandam perfectiſſima, Radii viridiformes tendentes ad focos in papyro ſitos, in eam incident intra literas *x x*. Sed rubriformes venientes ab ST, ac tendentes ad focos in ſuperficie *z* Z *z* ſitos, ut dictum eſt, incident in papyrum intra literas *l l*, paulo vicinius ad I. Et pari modo, purpuriformes incident in eundem locum *l l*, dum tendunt a PQ ad focos ſitos in ſuperficie *y* Y *y*. Ceteri autem Radii cadent in alia ſpatia inter *x x* & *l l* mediocria, ipſiſque *x x* tanto viciniora, quanto foci eorum minus abſint a papyro. Liquet itaque, quod totum ſpatium *x* X *t l* non debet albeſcere, ſed pars ejus tantum media inter literas *x*. & *l* interiores ſita, ubi ſcilicet Colores omnes commiſcentur. Etenim, in extremitate *x* verſus H Radii viridiformes cadunt ſoli, qui proinde tingent extremitatem iſtam cum Viriditate. Ad alteram autem extremitatem verſus I, nulla miſcetur Viriditas, ſed Purpura tantum cum Rubore. Qui dicta perpendet etiam facile concipiet, quod, cum papyrus paululum transferatur ultra citraque, Colores alii, præter Viriditatem, apparebunt ad extremitatem imaginis verſus H. Sic videlicet, inter P & *y*, purpureus apparebit extrinſecus; inter *y* & *x* cæruleus; & viridis ad *x*; deinde flavus inter *x* & *z*; ac rubeus denique ad *z*; & poſtea perpetuo. Ad alteram autem imaginis extremitatem verſus I ſitam, rubeus erit extimus a T uſque ad *l*, ubi commiſcetur Purpuræ. Quæ quidem mixtura dat pallidum quendam Colorem, nunc ad rubeum nunc ad cæruleum nonnihil vergentem, pro varia proportione miſtorum; at ultra *l*, Purpura ſemper conſpicietur. Ceterum, cum diſtantia inter *y*, & *z*, valde parva ſit, & multo magis diſtantia inter X & *t*, ſive *x* & *l*, hoc eſt, latitudo limbi colorati, propter ſummam ejus exilitatem, conſpectui vix patebit, ſed totum ſpatium *x* X *t l*, niſi acrius obſervanti, apparebit album.

Cum hæc advertiſſem, experiebar deinde an reſponderent præconceptis; &, licet male ſucceſſit primo, dum utebar anguſta Lente, poſtea tamen, cum adhibui Lentem ea de cauſa latiorem, ut angulus X Y *t*, ſive *x y l*, & inde *x l*, ſive X *t*, hoc eſt, latitudo dicti limbi colorati fieret major, quod optabam evenit. Adhibeatur igitur Lens, cujus latitudo, ſive apertura, ſit trium digitorum, aut major eo, foci autem longinquitas, pro lubitu, pedum trium, vel quatuor; tum ea collocetur ad diſtantiam ſex, vel octo, pedum a foramine *f* F *f*, ut Colores PQRST, in eam prolapſi, uſque ad extremitates ejus extendantur, nullis tamen præterlabentibus. Deinde papyrus HI pone collocetur, & transferatur ultra citraque; & ad extremitatem imaginis verſus H videbis omnes Priſmatum Colores a Purpura ad Rubedinem uſque gradatim ſucceſſivos. Sed, ad alteras imaginis partes verſus I, inter Purpuram ad *z*, & Rubedinem ad *y* conſpicuam, neque Viriditas, neque alius quiſquam ex intermediis Coloribus apparebit, niſi forte qui finit ex rubeo & purpureo mixtis; quemadmodum ex eo cognoſcas, quod, cum intercipis extremitatem Purpuræ, ope corporis opaci juxta Lentem ad P interpoſiti, ille limbus imaginis verſus I fiet rubeus; ſin extremitas Rubedinis ad T intercipiatur, limbus idem fiet purpureus. Et hinc eſt, quod tranſitus a Purpura ad Rubedinem ex hac parte imaginis fiet multo celerior, quam ex altera verſus H, ubi Colores omnes interveniunt. Ceterum, cum dictorum Colorum latitudo tam exigua ſit, (ſcilicet haud major centeſima parte digiti,) ut, niſi vitra ſint bene polita & a venis libera, & inſuper experientis diligentia & curioſitas ſolito major, forte excidet propoſito. Quamobrem, in majorem evidentiam rei & experiendi copiam, addo, quod, ſi Microſcopium ſumas, atque ita diſponas, ut papyrum aliquam affixam laminæ, ſuper quam objecta collocantur contemplanda, diſtincte amplificet, dein ita ſtatuas, ut imago lucida *x* X *t l* incidat in iſtam papyrum, Colores in ejus limbo ſic ampliatos videbis ſat manifeſtos.

Verum, cum miſtura Radiorum, quoad Colores diſſimilium, non ſit adeo perfecta in hoc ſpecimine, quin ut e Coloribus aliqui in extremitate Albedinis appareant, (licet tam exigui, ut incautus forte non advertat;) placet inſuper obſervare, quod, ſi vice Lentis refractoriæ Speculum concavum accurate formatum & per-

Digitized by Google

perpolitum adhibeas, dicta mistura fiet omnibus numeris perfecta. Etenim irregularitas illa, qua Refractiones ita perturbantur, in Reflexionibus nulla est; sed Radii, quoscunque Colores depingentes & utcunque refrangibiles, ad eosdem tamen angulos reflectuntur, in quibus incidunt. Quamobrem; si M N (*Fig.* 80. *Tab. XVII.*) sit Speculum ellipticum, cujus foci sint F & X, Radii omnes a puncto F manantes, cujuscunque sint generis, sive Purpuram ad P, sive Rubedinem ad T, sive alios alibi quoscunque Colores ad Speculum exhibentes, omnes accurate conveniunt in eodem puncto X. Quinimo, licet Speculum M N non sit ex elliptica figura segmentum, sed e sphærica, modo semidiameter Sphæræ, hoc est, distantia ejus a focis prædictis F & X, satis magna sit, puta, trium, pluriumve, pedum, & distantia focorum valde parva, puta, non plus quam unius digiti: si hæc, inquam, ponantur, Radii ab F manantes adeo propemodum convenient in X, ut istud X, quoad sensum, pro exacto Foco habeatur; & eodem modo Radii manantes ab aliis punctis, ut *f*, ipsi F vicinis, in aliis, ut *x*, ipsi X vicinis, quamproxime convenient. Et sic omnes omnino Colores reflectentur a Speculo P T in unumquodque punctum imaginis *x* X *x*, totamque exhibebunt albam.

Sunt & alii modi componendi Albedinem; quemadmodum, si vice Lentis, Speculive, duo Prismata I L M, K M N (*Fig.* 81. *Tab. XVII.*) in situ ad consimile Prisma A B C parallelo, ad distantiam aliquot pedum juxta posita, adhibeantur, quæ Radios in contrarias partes refringant, faciantque versus X convergere, quos Prisma A B C divergentes effecerat. Colores ad X congregati component Albedinem, ac post decussationem sub propriis, (ut antea,) formis ad π τ denuo apparebunt.

Opportuna hic alia subit assertionis demonstratio, quod Colores in concursu non destruuntur ad Albedinem efficiendam, sed commiscentur tantum; utpote, rotam dentibus undique in perimetro consitam ita collocabis juxta duo Prismata I L M & K M N, vel juxta Lentem M N, in præcedenti experimento, ut e Coloribus aliqui in dentem aliquem impingant, dum ceteri per intervallum inter illum & proximum dentem præterlabantur, & in chartam ad præfatum Colorum concursum X excipiantur. Tum rotam imprimis lente circumvolve; & videbis singulos Colores in chartam, sine aliqua Albedinis apparitione, successive procedere; postea, si rotam tam celeri motu circumagi facias, ut succenturiantes Colores propter velocitatem consecutionis ab invicem distingui nequeant, transmigrabunt in Albedinem, eamque, quoad sensum, homogeneam, sine aliqua Colorum apparitione, ex quibus celerrime se mutuo consequentibus Albedo illa efficitur, & hanc Albedinem, e Coloribus illis successive commistis, componi, per se manifestum est.

Quinetiam Albedo non tantum ad locum concursus X e commistis Coloribus componitur, sed etiam ad foramen *f* F *f*, ubi Lux modo transiit, Prisma & Colores nondum apparuere, quandoquidem omnes Radii quibuscunque Coloribus affecti, qui ad punctum quodvis imaginis *x* X *x* convergunt, ab alio quodam puncto foraminis *f* F *f* manarunt, & sic iidem Radii ad utrumque spatium *f* F *f*, & *x* X *x*, miscentur, & utriusque Albedinis eadem est compositio.

At, hæc clariora fient observando, primo, quod rei alicujus, utcunque figuratæ & applicatæ ad foramen *f* F *f*, umbra distincte projicitur in papyrum Radios excipientem ad X. Quinimo bullularum aeris in Prismate latentium, (sicut vitris omnibus contingere solet,) umbras videre licet ad instar macularum in dictam papyrum projectas: id, quod nullo pacto contingere potuisset, nisi Radii manantes ab aliquot punctis ipsius *f* F *f*, in totidem punctis rursus convenirent ad *x* X *x*. Et licet non exacte conveniant in iisdem punctis manantes ab iisdem, cum Lens refractoria, vice Speculi, adhibetur, ut *in Figuris* 78, *&* 79, & proinde Colores nonnullos generent in confinio Lucis & Umbræ, sicut fuse explicui; tamen spatium, in quod conveniunt, tantillum est, ut pro puncto sensibili ferme habeatur.

Secundo, si Lentem, *in Figura* 78, ita statuas, ut æquidistet a Focis ejus F & X; in medio posita ac deinde Colores excipias in papyrum P T, tum ultra Len-

tem

Digitized by Google

tem versus X, tum citra versus F, alternis temporibus admotam; possis observare, quod Colores eodem plane modo apparent, diminuuntur, & in Albedinem paulatim convertuntur, dum dicta papyrus motu lento & continuo transfertur ad F, atque dum transfertur ad X; adeo ut divergentia Colorum ab F, & convergentia ad X, omnino similis sit. Pari ratione, si papyrus $\pi\ \tau$ lente moveatur ad X, juxta & *p t* moveatur ad F, iidem Colores conspicientur in utraque, & eodem modo desinent in Albedinem; hoc tantum excepto, quod eorum situs contrariatur, propter decussationem Radiorum in X; atque adeo divergentia Colorum ab utrisque F, & X, similis est. Quid itaque concludendum est exinde, quam quod eodem modo commiscentur, & ad F antequam divaricaverunt ab invicem, & ad X ubi rursus congregantur in Albedinem? Sed, ut comparatio modo facta evadat illustrior, venit observandum porro, quod cum papyrus statuitur ipsi F contigua, & amovetur deinde versus *p t*, & postea statuitur ad X, & amovetur versus $\pi\ \tau$, quod, inquam, Albedo ad F, & X, in utroque casu, primo degenerabit in Colores secundum extremitates ejus, dum in meditullio manet alba; cujus rei ratio non est alia, quam quod Radii divergentes perinde segregantur in confinio Lucis & Umbræ. Sic posito, quod Radii divergant a spatio F*f* (*Fig.* 82. *Tab. XVIII.*) alii quidem paralleli tendentes ad A B, atque alii ad priores inclinati sed inter se paralleli tendentes ad C D; prima segregatio fiet in extremitatibus juxta lineas F A, & *f* D, ultimaque in medio, veluti ad *g*: nam, linea *p t* inter F *f*, & *g* ducta, videre est, quod paralleli juxta extremitates *p q* & *s t*, ab invicem segregantur, sed mixtim transeunt per intermedium spatium *q s*.

Tertio, sicut Lens M N, *in Fig.* 78. *Tab. XVII.* refringendo Radios divergentes ab F, facit ut convergant ad X, & ibi conficiant Albedinem; eodem modo, si isti Radii, postquam decussavere, divergentes ab X iterum trajiciantur per aliam lentem *m n*, (*Fig.* 83. *Tab. XVIII.*) priori similem, & similiter positam, inter focos ejus X, & *x*, id est, æquali ab utrisque distantia; Colores sic ad *x* secunda vice congregati Albedinem rursus component, sicut ante composuerant ad X; hoc tantum interposito discrimine, quod apparebunt in limbo Albedinis ad *x* duplo latioris, quam, (e mox ostensis,) apparent ad X, atque insuper in situ contrario. At Speculis, ut dictum est, adhibitis; quæ Lucem aliquoties repercutiant, isti Colores erunt nulli; atque adeo penicilli F X, & X *x*, evadent omnino similes, & similis fiet decussatio & commixtura Radiorum ad F, X, & *x*. Concludendum est itaque, quod Lux, cum modo trajicitur per Prisma, licet Albedinem exhibeat, tamen constat ex Radiis heterogeneis confuse mixtis, & ab invicem per divergentiam mox discessuris, qui, postquam ita segregantur, propriis apparent formis; sin iterum congregantur, Albedinem rursus componunt, & sic præterea in infinitum.

Imo vero Lux non solum componitur ex omnium Colorum Radiis, ut egreditur Prismate & nondum discernitur in Colores istos, sed etiam cum nondum attigit Prisma, & antecedenter ad omnem Refractionem; & inde, non mirum est, quod, cum segregantur in Colores, virtute Prismatis Radios inæqualiter refringentis, & Colores iterum commiscentur ope Lentis, aut alio quovis modo præmonstrato, quod, inquam, rursus componunt Albedinem: neque hoc solum exinde confirmatur, quod Lux e Coloribus composita primigeniæ Luci persimilis sit; sed etiam ex eo, quod Radii penitus differunt Refrangibilitate, & conceptus non est durior, quod differunt Coloribus; imo, cum eidem Refrangibilitatis gradui Color idem perpetuo competat, (ut purpureus maxime refrangibilibus, rubeus minime refrangibilibus, & sic porro;) quid aliud ab ista cognatione innuitur, quam quod sint congenita, &, fortasse, quod a communi quadam causa dependent? Sed, in hujus rei majorem evidentiam, ostendam præterea, quod Radiorum Solis æqualiter incidentium quædam genera reflecti possunt, dum alia per reflectentem superficiem trajiciuntur; adeoque diversos Colores diversis Radiis ante omnem Refractionem inesse. Sit A B C (*Fig.* 84. *Tab. XVIII.*) Prisma, quod excipit Radios, in obscurum cubiculum per foramen F uno digito latum trajectos, eosque refringit ad papyrum

vel

Digitized by Google

vel parietem H I iis obsistentem apud T : porro autem, cum superficies Prismatis BC non omnes refringat Radios versus T, sed & plurimos reflectat; eos apud P siste etiam cum alia papyro K L, in morem albæ imaginis foramini F persimilis terminante. Deinde, converte Prisma circa axem ejus secundum ordinem literarum ABCA, & videbis, tum amplitudinem Colorum ad T, tum quantitatem Lucis ad P augeri perpetuo, donec tandem, cum Refractio ad planum B C fit maxime obliqua, Colores ad T incipient evanescere, & reflecti ad P; purpureus primo; deinde cæruleus, viridis & flavus, & denique ruber, cujus quidem Lucis accessu imago P fiet multo lucidior, quam antea. Interea vero, dum Colores ad T gradatim evanescunt, videbis Albedinem ad P paululum mutari, & nonnihil vergere ad cæruleum, per accessum nempe purpurei & cærulei, qui primo reflectuntur, id, quod nullo modo accidisse potuisset, nisi Radiis, prout a Sole veniunt, discrimen inesse concedatur: scilicet, quod ex iis quidam, ad efficiendos rubeum & flavum dispositi, pertinacius & cum minore Refractione penetrant superficiem BC & versus T perlabuntur; dum alii, ad exhibendum purpureum & cæruleum parati, superficiem dictam aut penetrant languidius, majores Refractiones patientes, aut, si nequeant penetrare propter nimiam eorum obliquitatem, tum facilius & citius reflectuntur ad P, iis primo omnium reflexis, quorum potentia ad istam superficiem penetrandam sit minima, id est, purpuriformibus, & ceteris deinde suo ordine, prout Incidentia fit magis obliqua, donec rubriformes ultimo reflectantur obliquitate tanta debilitati, ut non sint amplius potentes dictæ superficiei resistentiam superare. Atque hæc facile constabunt iis, qui norunt, quod quo major est vis refractiva superficiei cujusvis, eo citius, & ad minorem obliquitatem, Radii reflectuntur; & quo minor, eo magis obliqui penetrabunt.

De hoc autem experimento convenit observare, primo, quod, cum prædicta variatio Albedinis ad P sit admodum parva propter exuberantiam Lucis albæ collatæ ad reflexum cæruleum, itaque cavendum est, ne Prismate utaris, quod ex vitro conflatur tincto cum Colore aliquo, ne Lucem ad P reflexam ita tingat, ut difficile sit dictam variationem observare; præstat adhibere Prisma ex laminis vitreis tenuibus & perpolitis confectum, & aqua limpidissima repletum.

Secundo, licet mutatio dicta sit parva, tamen satis est ad ostendendum, quod Radii retinent eosdem Colores cum reflectuntur, quos exhibent cum trajiciuntur per superficiem BC; siquidem tingunt Albedinem P Colore suo, quantum liceat tam paucis tingere: Colores itaque suos habuere prius, & eosdem retinent, sive refringantur, sive reflectantur, licet in mixturis plerumque celati lateant; donec eruantur, (non autem fiant,) virtute Prismatum.

Tertio, ex Luce, ad priorem speciem Albedinis per Reflexionem omnium Colorum a T restituta, quid aliud denotatur, quam Albedinem istam per misturam omnium Colorum reproduci? Scilicet, cum Rubor ultimo reflexus admiscetur ceteris Coloribus antea reflexis, reflexorum Colorum mistura tunc perfecta est ad Albedinem componendam, quæ superadditur Albedini prius existenti in P.

Quarto, ne qua oriatur suspicio, quod Refractiones in superficiebus A C & A B, ad ingressum Radiorum in Prisma & egressum factæ, possint aliquid conducere ad effectus hosce producendos, observare licet, quod effectus iidem producuntur, cujuscunque licet magnitudinis statuatur angulus ABC; hoc est, quæcunque sit Refractio superficiei AC; modo Angulus A B C ponatur ejusdem magnitudinis atque angulus ACB; alias enim, pro imagine alba ad P, generabuntur Colores. Experimentum itaque nullatenus dependet a Refractionibus superficierum A C, & A B; imo possis efficere, quod, cum Colores partim reflectuntur ad P & partim trajiciuntur ad T, Radii perpendiculariter incidant in AC, emergantque ex AB, & sic neutra superficie refringantur, modo statuas angulum ABC, ut & ACB, esse grad., 40, circiter, & iidem tamen effectus producentur.

Ceterum, in majorem evidentiam & explicationem modi, quo prædicta fiunt, liceat experiri per Lucem in Colores discretam, quod purpureus primo, & ceteri de-

Digitized by Google

deinde, (quisque suo ordine,) reflectuntur. Etenim, (*in Fig.* 85. *Tab. XVIII.*) sint ABC, & *abc*, duo Prismata parallela; quorum alterum ABC projiciat Colores in alterum *abc* ad distantiam duodecim, vel plurium, pedum. Tum, Prismate *abc* circa axem ejus, secundum ordinem literarum *abca*, converso, donec tanta sit obliquitas Radiorum in superficiem *bc* incidentium, ut incipiant ad *p* reflecti, non amplius potentes penetrare ad *t*. Videbis omnes purpuriformes primo omnium reflecti, ceterosque deinde suo ordine.

Veruntamen, quia purpuriformes Radii paulo magis refringantur in primo Prismate ABC, & ideo magis inclinentur ad superficiem *b c* secundi Prismatis *abc*, quam ceteri; poterit objici, quod ea de causa primo omnium reflectuntur. Quamobrem, (*in Fig.* 86. *Tab. XIX.*) duo Prismata statuantur, non parallela sibi invicem, sed in situ transverso, ut omnicolores Radii quasi ad eosdem angulos incidant in præfatam superficiem *bc*; quo posito, possis observare, convertendo Prisma *abc* circa axem ejus secundum ordinem literarum *abca*, quod Radii purpuriformes primo omnium reflectuntur, & ultimo rubriformes, Coloribus ad *p* continuo translatis, prout a *t* dispareant.

Sunt & alii præterea modi, quibus experiri liceat, quod, ex Radiis similiter incidentibus, quædam genera penitus reflecti possunt, dum alia partim transmittantur. Quemadmodum, si EFG (*Fig.* 87.) sit operculum fenestræ ad F terebratum, & foras statuatur Prisma ABC, quod Lucem Solis foramen F ingressuram intercipiat, & refringat versus *f*. Ad illud *f*, pedibus ab F duodecim, aut longius, postpositum statuatur opacum corpus *efg*, quod Lucem sistat, dempto parvo foramine *f*, per quod aliqua pars Lucis, nempe violacea, longius trajiciatur ad *y*. Istud autem *f* non sit semisse digiti latius. Deinde, præ manibus sumatur aliud Prisma *abc*, &, ad Radios transverse positum, statuatur a postica parte foraminis *f*, circaque axem ejus convertatur, donec videas Lucem violaceam, postquam ab ejus basi *bc* obliquissime refracta fuerit versus *t*, totamque a *t* disparuisse modo, & ad *p* reflecti. Luce violacea tam oblique ad *p* reflexa, ut ad *t* statim pervasura esset, modo ex angulari motu Prismatis secundum ordinem literarum *abca* facto angulus *cyf* vel minimum augeretur, Prisma istud *abc* in eo statu figatur; tum alterum Prisma ABC motu circa axem ejus nunc hac nunc illac parum convertatur, ut Colores, quos projicit in obstaculum *eg*, paululum attollantur, eoque pacto omnes successive transmittantur per foramen *f* in posterius Prisma *abc*; & videbis, quod, cum Flavedo transmittitur ad *y*, illi Radii, non omnes ad *p* reflectentur, sed plurimi perrumpent superficiem *bc*, & ad *t* pertingent. Et, cum Rubor ad *y* transmittitur, illi Radii fortius adhuc perrumpent, ut ex copia perrumpentis Lucis & minori ejus Refractione constet. Neque mirum videatur, quod purpuriformes Radii sint minus potentes penetrare superficiem *bc*, quam rubriformes; quandoquidem, Prismatibus eodem modo dispositis, antehac ostendi, quod majorem Refractionem patientur, posito scilicet angulo *cyf* tanto, ut omnigeni Radii possint superficiem *bc* penetrare. Jam, cum Radii, qui citius & facilius reflectuntur, in experimento *ad Fig.* 84. tradito, nempe purpuriformes, etiam citius & facilius reflectantur in experimentis duobus novissime recitatis; cum eadem iisdem Radiis semper eveniant, liquet quod hoc fit, non ex contingentia, sed ex prædispositione Radiorum; &, quod antecedenter ad omnem Reflexionem, aut Refraxionem, quidam ad exhibendos quosdam Colores sunt apti, & facilius reflexibiles; alii vero aliis Coloribus & progrediendi viribus, afficiuntur. Neque aliud experimentis jam recitatis discrimen interesse videtur, quam quod, in primo Radii omnium formarum, prout a Sole adveniunt, confuse mixti incidant in Prisma, quod rubriformes transmittit, & reflectit cæruliformes; in reliquis autem duobus experimentis, dissimiles Radii prius discernuntur ab invicem, quam incidant in dictum Prisma.

Ad hæc lubet alium adducere modum, quo dissimilitudo Radiorum in Luce Solis mixtorum innotescat, non multo dissimilem ei ad *Fig.* 84. ostenso, sed conspectui jucundiorem, & æque scientificum. In *Fig.* 88. *Tab. XIX.* sunto A*a*B*b*C, &

Digitized by Google

B*b*D*d*C duo Prismata ita juxta se posita & colligata, ut duo ex eorum planis C B*b* conveniant sibi, & coincidant; excepto tantum, quod nonnihil aeris in morem tenuissimæ laminæ intercedat iis; id, quod eveniet ultro, siquidem haud queas Prismata tam arcte constringere, quin tantum intercedat aeris, quantum proposito sufficiet. Porro, in majorem rei evidentiam, convenit, ut anguli A C B, & C B D sint æquales proxime, eo ut plana A*a*C, & B*bd*D fiant parallela, licet hoc non sit omnino necessarium. His præmissis, statuantur dicta Prismata juxta foramen F, ut Lux ingressa per ea trajiciatur versus τ, primo permeans superficiem A *a* C; deinde intermediam superficiem B*b*C; & inde per B*bd*D prolapsa in papyrum ad τ collocatam, quam Albedine tingit, tanquam si non omnino transiret Prismata, sed vitrum parallelis planis A*a*C, & B*bd*D terminatum. Præterea; cum intermedia superficies B*b*C Lucem ei incidentem non omnem transmittat ad τ, sed multam reflectat, quæ aliquo exibit e Prismate A B C per superficiem ejus A*a*B*b*, puta, versus π. Ad illud π statuatur alia papyrus, quæ Lucem hanc similiter albicantem terminet; quod ubi feceris, converte Prisma quadrangulare, (ex duobus triangularibus colligatis confectum,) motu lento circa axem ejus, secundum ordinem literarum A B D C A, tandemque videbis, quod Albedo ad π ac τ degenerabit in Colores, Flavedine primo, deinde Rubedine ad τ conspecta, cæruleo autem Colore ad π, donec, post intensissimam Rubedinem ad τ, Color & Lux omnis evanescat inde, & cæruleus ad π iterum transformetur in Albedinem aliquanto lucidiorem, quam antea. Utpote, dum Prismata circa communem axem, ut dictum est, convertantur, Radiorum in mediam superficiem B*b*C, (hoc est, in laminam aeris Prismatibus interjectam,) prolapsorum Incidentia continuo fit obliquior, donec tanta sit eorum obliquitas, ut nequeant amplius penetrare dictam laminam, progredique ad τ, sed abinde reflectantur ad π; quod accidet, cum angulus F*e*C, (obliquitas incidentium,) sit graduum fere quinquaginta. Radii autem purpuriformes, minime omnium potentes penetrare dictam laminam aeream, reflectentur primo & Albedinem prius reflexam ad π nonnihil tingent eorum Colore, dum, ex Radiis præterlabentibus ad τ, Flavedo imperfecta, aut potius Color inter flavum & viridem mediocris componitur. Postea cæruleus, & viridis deinde reflexus, paulo magis tinget Lucem in π cum Colore cæruleo, (licet admodum diluto propter exuberantiam Albedinis commixtæ,) manebitque Rubor in τ, qui mox per Flavedinis hactenus commixtæ Reflectionem fiet intensior, donec ipse etiam, denuo reflexus, Albedinem in π redintegret.

Ceterum, ut hoc specimen evadat illustratius, sumatur aliud Prisma G H I, quod a postica parte Prismatum A B C D ita collocetur, ut Lucem O *e* τ per ea transmissam refringat versus P T, & in Colores permutet; violaceo in P, rubeo in T, ceterisque in intermedia loca projectis. Tum, Prismata colligata circa communem axem, (ut prius,) rotentur, donec Lux alba versus τ transmissa incipiat flavescere; & videbis, quod Color purpureus in P simul evanescet. Id, quod arguit purpuriformes Radios, non amplius ad Prisma G H I pertingere, sed a superficie C B*b* primo omnium ad π reflecti; & Lucem *e* τ ideo flavescere, quod Purpura e mistura tollitur, qua prius Albedinem exhibuit. Ad eundem modum, si Prismata A B C D diutius rotentur, videbis reliquos Colores a π ad τ successive disparere, prout Lux *e* τ plus plusque rubescit; &, cum sit ruberrimma, tum solam Rubedinem in τ manere: quod manifesto convincit hanc Lucem *e* τ non aliunde rubescere, quam quod a Radiis aliorum Colorum, per superficiem C B*b* reflexis, secernitur.

Simili ratione, si, cum Prismate quarto K L M refringas Radios ad π reflexos, & Colores eo pacto productos & in album parietem projectos, duodecim pedes, aut longius distantem, animadvertas, videbis, quod, cum Lux *e* τ incipit viride-flavescere, purpura *p*, quam Prisma hoc elicit e Luce *e* π, plusquam ceteri Colores augebitur, per accessum nempe Purpuræ, quæ tum in P disparuit; ceterisque deinde Coloribus in *pt* gradatim fiet accessus, prout a P T disparent, donec, cum omnis

Digitized by Google

omnis Color a P T disparuit, Colores ad *p t* non amplius augeantur; hoc autem discrimine, quod violaceus, & cæruleus, ad *pt* augmentuum suum omne paulo citius obtinent, quam rubeus, aut flavus; sed hoc tam exile est, ut observator, nisi sit attentus, ægre advertat.

Ut istis denique finem imponamus, lubet alium adducere modum, quo quædam genera Radiorum, Luce Solis intermista, partim transmitti possint, dum alia reflectuntur. Nempe si duas laminas vitreas C B, (*Fig.* 89. *Tab. XIX.*) plane perpolitas & ad invicem applicatas, secundum planitiem earum connectas, easque vasi R Q aquæ pleno immergas, extremitate superficierum juxta positarum undique cera, vel pice, prius obturata, ut aqua non interrepat & expellat aerem, qui, more laminæ tenuissimæ, ut dictum est, interjacebit vitris; si hæc, inquam, fiant, possis efficere dictorum vitrorum talem esse situm, ut, (illucente Sole,) aer interjectus cæruliformes Radios reflectat versus *p*, & transmittat rubriformes versus *t*, atque alias omnes apparentias modo recensitas exhibeat.

Ceterum de hisce modis experiendi notandum venit, primo, quod Colores hic producuntur a parallelis superficiebus, quarum aliquæ recurvant Radios, quantum aliæ incurvant; atque adeo, quæ mutuos effectus destruerent, si quos in immutandis intrinsecis dispositionibus Radiorum, quoad eorum Colores, ut opinantur Philosophi, producerent. Deinde, quod Lux, postquam per istas superficies trajiciatur, licet alba sit, manifesto tamen constet ex heterogeneis Radiis; quandoquidem, eorum aliqua genera penitus reflecti possunt ad *p*, dum alia ad *t* partim trajiciantur. Et eadem ratione constat reflexam Albedinem similiter compositam esse, siquidem, (ut dixi,) redintegrata est, cum Rubor omnium ultimus reflectitur a *t*; & hæc ex eo etiamnum summe confirmantur, quod a sola vitrorum obliquitate sine aliqua Refractionis, vel Reflexionis nova modificatione, efficiuntur.

Lux itaque, quamvis uniformis esset, quæ a Sole immediate profluit, postquam tamen unquam reflexa vel refracta fuit, constat ex heterogeneis Radiis. Et ejusmodi est ea Lux omnis, quæ per vitreas fenestras trajicitur, vel quam Planetæ, nubes, &c. ad nos reflectunt. Imo Lux omnis a Sole, aut lucernis quibusvis, derivata, siquidem aliqualem saltem Refractionem ab Atmosphæra, (ut dicunt Astronomi,) patitur; ut taceam, quæ in objectis, denuoque in Oculi tunicis, ante visionis actionem impressam, fiunt. Jam, si nihil aliud ostenderem, fuisset aliquod prodiisse tenus; siquidem omnia visibilium phænomena nobis per ejusmodi Lucem exhibentur. Atqui, cum Solis Lux immediata albere censeatur, & ille Color non sit ex primitivis, sed per misturam generari ostendatur; &, cum nullum inter Lucem originalem, & illam, quæ a diversicoloribus Radiis componitur, sensibile discrimen intercedat, haud dubitandum est, quin utraque sit ejusdem naturæ. Imo vero certissimum est, siquidem (in Prop. II.) ostenditur, quod inhærentes dispositiones, vel formæ Radiorum, quibus apti sunt ad proprios Colores exhibendos, nec destrui possunt, nec ullo modo, vi secundariæ Refractionis, mutari. Et par est ratio de Refractione primaria. Concludendum est itaque, quod istæ dispositiones sunt insitæ Radiis ab eorum origine, quamvis proprios Colores, antequam heterogenei ab invicem, virtute Refractionis, secernantur, exhibere nequeant.

Ceterum de eo, quod dixi, Lucis Colorem album esse, & tamen Sol aliquantulum flavescere videtur, notandum est, quod cæruliformes Radii ab Atmosphæra præ ceteris conturbantur, (ut cæruleus ejus Color innuit,) & inde, quod e directis solaribus Radiis flaviformes prævalere solent, & efficere, ut Sol flavescat, qui secus fortasse appareret albus. Et ad hunc effectum Atmosphæra, circa Solem forte conglobata, potest etiam conducere. At non eo inficias, quin aliquod Radiorum genus in originali Luce sæpissime redundet, quandoquidem flammarum & syderum diversi sunt Colores.

De Lucis & Albedinis compositione hæc satis. Quod autem Nigredo ex omnibus Coloribus similiter composita sit, & in solo Lucis defectu ab Albedine differat, ex eo manifestum est, quod nigrorum, in Radiis solaribus intra cubiculum (alias obtene-

Digitized by Google

tenebratum) intromissi, positorum termini omnigenis Coloribus tincti apparent, si Prismate juxta Oculum interposito inspiciantur; quod singulos Prismatis Colores seorsim incidentes pari intentione reflectant, idque longe debiliori, quam alba corpora; & quod alba, defectu Lucis, nigrescere videantur, ita ut corpus, (quod revera album est,) in debiliori Luce nigrius apparere possit.

Denique de cinereis, ceterisque non primitivis Coloribus Propositio manifesta est; siquidem cinereos ex albo, & nigro; ceterosque omnes ex rubro, flavo, & cæruleo componere norunt Pictores.

PROPOSITIO IV.

Primitivi Colores per compositionem Colorum sibimet utrinque confinium exhiberi possunt.

Hoc variis modis, (perinde ut in Albedinis compositione, sistendo aliquos e Coloribus antequam compositionem ingrediantur,) tentari potest; & ipse aliquos expertus sum, quibus constitit luteum a croceo, & subflavo; porraceum a subflavo, & thalassino, (vel etiam, minus perfecte, a luteo, & cyaneo;) & cyaneum a thalassino, & indico; aliosque omnes Colores a Coloribus hinc & inde conterminis componi posse. Quinetiam, indicus, cum rubei extremitate contemperatus, purpurascebat; & minius cum extrema Purpura paululum conspersus, coccineus evasit, tanquam si inter Colorum extremitates intercederet affinitas, qualis est in Sonis inter octavæ terminos.

Iidem Colores a Coloratis pulveribus componi possunt, sed minus perfecte, ut opinor, proptera quod ipsi componentes ex aliis Coloribus, (quorum aliqui sunt dissimiliores,) componuntur.

Ceterum, ne nimius hic sim, breviter dicam, quo pacto prismatici Colores in hos effectus producendos optime misceri possunt. Nempe, Prisma GDE, (*Fig.* 90. *Tab. XX.*) ex pellucidissimis & perpolitis lamellis vitreis in vasculum aquæ plenum coaptatis, efficiatur, quo Radiorum, in Colores per divergentiam discretorum, duo quælibet genera, juxta diversos angulos D, & E, sat acutos & æquales transmissa, ad invicem versus H cogantur.

PROPOSITIO V.

Corporum naturalium Colores e genere Radiorum derivantur, quos maxime reflectunt.

Hoc e præmonstratis tanta necessitate & evidentia consequitur, ut supervacaneum esse videatur me aliquid de industria hic in probationem ejus moliri. Utpote, cum ostensum sit, quod nullius generis uniformium Radiorum Color per Reflexionem a corpore physico mutari possit, sed unumquodque Colore Radiorum tinctum appareat, quibuscum illuminatur: Si corpus cujuscunque subdialis Coloris a Solis rubriformibus Radiis in tenebroso cubiculo illuminetur, rubescit; si flaviformibus illuminetur, flavescit; si viridiformibus, virescit; & sic præterea.

Sed in hujus rei majorem evidentiam observandum est insuper, quod unumquodque corpus, proprium Colorem præ ceteris seorsim incidentibus, copiose reflectit. Sic, cinnabaris in Luce rubea maxime resplendet; in viridi, minus; & adhuc minus in cærulea. Sic, indicum in violacea & cærulea Luce maxime resplendet, & splendor ejus gradatim diminuitur, prout in rubeam Lucem per gradus intermedios continuo transfertur. Sic porrus Lucem viridem, plusquam rubeam aut purpuream reflectere conspicitur; & sic in aliis. Et, quo corpora sub dio sunt intensiorum & magis specificorum Colorum, eo minus in aliena Luce resplendent.

Quamobrem, ut hæc facilius & magis cum evidentia pertentes, corpora seligere opor-

Digitized by Google

oportet intensis Coloribus, &, quam poteris, maxime simplicibus prædita; id, quod cognosces, si, Prismate adhibito, seligas, quæ, ad extremitates Nigredini conterminas, distinctiora apparent & minus variegata. Præterea, Colores Prismatum, quos in hæc corpora projicis, debent esse ab invicem, per plures Refractiones, optime discreti. Nam, si Colores per unici tantum Prismatis, juxta Lucis ingressum positi, Refractionem secernantur, non Color Lucis incidentis, sed alius quidem, inter corporis in aprico conspecti & Lucis hujus incidentis Colorem intermedius, generabitur. Quemadmodum, si hujusmodi Lux flava in cæruleum Corpus incidat, corpus illud non flavescet, sed virebit potius; propterea quod plures e viridiformibus Radiis, in hac flava Luce latitantibus, quam e flaviformibus reflectere aptum sit; & sic, rubeum corpus in viridi Luce flavescere potest, & in cærulea Luce virescere, si modo Lux illa ab aliis commistis Coloribus non bene purgetur. Et, ob hanc causam, summe cavendum est in faciendis hisce experimentis, ut cubiculum fiat obscurissimum, ne Lux erratica cum prismatico Colore commisceatur.

Denique quo Coloris cujusvis, a corporibus sub dio diverse coloratis reflexi, quantitas innotescat melius, corpora illa in eadem Lucis qualibet specie juxta posita confer, & videbis unumquodque in Luce proprii Coloris præ ceteris resplendere. Sic, indicum in cærulea, vel purpurea, Luce plusquam cinnabaris resplendet; & minius in rubea. Aut, si forte, (propter alterutrius Coloris imperfectionem & obscuritatem,) ambo æqualiter in Luce violacea resplendere contingat, tum in rubea Luce cinnabaris fiet longe illustrior, aut, contra, longe debilior in Luce violacea, si æqualiter resplendeant in rubea. Cinnabaris itaque plures e rubriformibus, quam aliis quibuslibet Radiis, reflectit, & proinde rubet. Indicum vero plures e cæruliformibus & purpuriformibus reflectit, & proinde fit intermedii Coloris. Et ad eundem modum, si in albis corporibus fiat experimentum, constabit, quod omnigenos reflectant æqualiter; & sic in aliis.

Antequam huic de Coloribus physicorum corporum Propositioni finem impono, placet annotare de quibusdam apparentiis quanta necessitate consequuntur e nostris principiis, quæ alias miræ viderentur & explicatu difficillimæ. Et imprimis; quia corpora evadunt colorata reflectendo quædam genera Radiorum, & intromittendo cetera, si aliquatenus transpareant; concludendum esse videtur, quod Colores maxime transmittantur, qui minime reflectuntur; & inde, quod alius sit eorum Color, cum transpiciuntur, atque alius cum cernuntur Luce reflexa. Et hoc, quam bene convenit cum experientia, videre est in libro M. *Boylei* de Coloribus conscripto. Scilicet, infusio ligni nephritici, quando diversa Luce transpicitur, rubea, vel flava appareat; & cærulea, cum cernitur ad plagas Lucis incidentis. E contra vero, aurum foliatum apparet flavum, & transparet cæruleum. Sic, vitri fragmenta per totam profunditatem colorata, qualia in antiquis templorum fenestris reperiuntur, varios plerumque Colores, pro positione Spectatoris, exhibent. Et crassiorum laminarum vitri pellucidissimi, (qualia ad fabricanda Telescopia adhibentur,) cum obversas oras aspexi, cæruleum vidi reflexum; & flavum transmissum, cum perspexi: Cæruleus autem maxime apparuit, cum illustrabatur jubare in obscuratum cubiculum immisso, & a Lente concava distracto, ne nimia Luce Color perfunderetur. Neque ullus dubito, quin plurima existant hujus rei exempla, si quis operæ pretium duxerit in variis liquoribus, aliisque corporibus transparenter coloratis, examen instituere, interea cavendo, ne Lux e pluribus plagis simul incidat.

Quod autem isthoc non semper eveniat, (quemadmodum in eadem infusione ligni nephritici, cum cæruleus Color salibus acidis destruitur, & in aliis plerisque, quæ undique sunt ejusdem Coloris,) ratio est, quod corporibus non solum insit potestas reflectendi, vel transmittendi Radios, sed etiam suffocandi & in se terminandi. Sic, aliqua obstruunt & retinent omnigenos Radios, eoque pacto fiunt undique nigra; alia reflectunt quosdam, ceterosque supprimunt, ut opaca colorata; alia quosdam supprimunt, ceterosque partim reflectunt & partim transmittunt, ut

trans-

Digitized by Google

transſparenter colorata, quæ circumcirca ejuſdem ſunt Coloris; & alia quoſdam reflectunt, ceteroſque tranſmittunt, ut in exemplis jam allatis conſtitit. Atque ita præterea.

Porro, quod liquoris colorati varia craſſities aliquando ſpeciem Coloris variare poteſt, cum noſtris principiis quamoptime conſentit. Sic, infuſio ligni nephritici, pro varia ejus craſſitie, vel flavum, vel rubeum Colorem referre poteſt. Cujus rei rationem ut intelligas, concipe, quod liquor ille ſit aptiſſimus ad reflectendum purpuriformes & cæruliformes Radios, ineptiſſimus ad reflectendum rubriformes, & mediocriter aptus ad reflectendum mediocres; &, (in *Fig.* 91. *Tab.* XX.) poſito A B C vitro coniformi hujus infuſionis pleno, ſit F I craſſities ejus cum aureo Colore ſplendentis; E H major craſſities, ubi incipit rubeſcere; ac D G craſſities, ubi ſit intenſioris & ſubobſcuri Ruboris. Et, (cum cæruliformes & purpuriformes Radii citiſſime reflectantur, ut ex eo patet, quod unius tantum guttulæ craſſities ad eos Colores reflectendos & Spectantibus exhibendos ſufficit,) ex illis pauciſſimi penetrabunt ad profunditatem F I, ſed plurimi viridiformes, & adhuc plures flaviformes una cum rubriformibus trajicientur, ex qua miſtura fiet iſte Color aureus. At, per profunditatem E H pauci e flaviformibus tranſibunt, & pauciores e viridiformibus; ac ſoli fere rubriformes ad uſque profunditatem D G pervadere valebunt; quinimo ex illis etiam complures in itinere reflectentur; & inde Rubor trajectus ſubobſcurus evadet.

Ad eundem fere modum, cum Lux per plura corpora diverſis Coloribus pellucide tincta trajicitur, Color ille ex adverſo videbitur, qui facillime pertranſit omnia. Quod ſi nullus poteſt omnia pertranſire, utcunque ſeorſim pellucida exiſtunt, conjunctim tamen evadent maxime opaca. Quemadmodum, ſi lamina A B tranſmittat ſolos rubriformes; & C D ſolos cæruliformes; cum juxta ponuntur, tranſmittent nullos. Cujus quidem rei exemplum habes in *Micrographia* Mri. *Hookii* de cæruleo & rubeo liquore, qui ſeorſim apparuere, & conjunctim fuere opaci.

Denique huc referri poteſt, quod, cum aliquis e Coloribus priſmaticis per corpus tranſparenter coloratum trajicitur, intermedius Color emergit. Sic, Viriditate, v. gr., in vitrum tranſparenter rubeum incidente, flaviformes Radii, qui in illa Viriditate commiſti latent, præ ceteris, vitrum fortaſſe pervadent, efficientque, ut Lux emergens flaveſcat.

Sed videor officii limites exceſſiſſe, in campum phyſicum nimis expatiatus. Viſum quidem fuerat hæc attigiſſe, ut univerſa rerum conſenſio pateret; ſed ſiſto gradum, ac tandem, coronidis loco, inſtrumentum quoddam haud inelegans deſcribam, quo præfata omnia ſumma cum evidentia tentari poſſunt.

Sit A B C *a b c*, (*Fig.* 92. *Tab.* XX.) Priſma, quod Radios, per foramen F in obſcuratum cubiculum tranſmiſſos, refringat verſus Lentem M N, ut Colores, quos efficit in *p*, *q*, *r*, *s*, *t*, per Lentem deinde transjiciantur ad X, & ibidem commiſceantur in Albedinem componendam, ſicut in præcedentibus oſtendi. Deinde aliud Priſma D E G *g e d*, priori parallelum, ad locum X, ubi Albedo redintegrata eſt, ſtatuatur, quod Lucem verſus Y refringat. Hujus autem Priſmatis verticalis angulus G *g* ſit æqualis angulo verticali C *c* Priſmatis anterioris, aut eo forte minor, & ſimiliter poſitus, ut incidentes Radios in paralleliſmum reducat, quos Priſma anterius diſperſit.

His poſitis, obſervabis, an Lux Y, (pedes aliquot diſtans trajecta,) æque alba maneat, ac fuerit in X, vel ſenſim abeat in Colores. Si penitus appareat alba, tunc Priſmata cum Lente recte diſpoſuiſti; ſin aliqui Colores ad Y cernantur, Priſma D E G circa ſuum axem eo modo parum converti debet, ut Colores minuantur; &, cum penitus evanuere, & Lux in totum albeſcit, ſiſte Priſma. Quod ſi nequeas hoc modo efficere, quin Lux, inter tranſeundum ab X ad Y, ex aliqua ſua parte tranſmigret in Colores, Lentem M N paulo longius a Priſmate A B C transfer; &, loco X rurſus invento, ubi Colores in Albedinem accuratiſſime convergunt, in eo ſtatue Priſma D E G, ut prius; & rurſus experire, an poſſis Lucem

Digitized by Google

ſine Coloribus ad Y projicere ; &, cum eo uſque mutaveris poſitiones Priſmatum & Lentis , dum effeceris Lucem ad Y trajectam , quamminime poſſis , coloratam , Priſmata cum Lente in eo ſitu figantur, idque, vel ope trabis, ut in ſchemate deſcribitur, vel tubi , aut inſtrumenti cujuſvis in eum finem fabricati.

Cum habeas hanc machinam e Priſmatibus & Lente, ut dictum eſt, compoſitam; ope Lucis per eam tranſmiſſæ cuncta poſſis experiri, quæ hactenus fuerunt tradita. Hæc enim Lux X Y jubari a Sole directo perſimilis eſt, & eaſdem omnes apparentias exhibet , ac ſi a foramine F recta promanaſſet , nullam omnino Refractionem paſſa , adeoque ejuſdem eſſe conſtitutionis facile credamus . Et tamen , cum in ſua principia componentia, hoc eſt, in Radios diverſorum generum, apud Lentem M N diſcreta fuerit, facile erit modos examini ſubjicere , quibus poſthac in Colores converti poteſt , idque tantum ſiſtendo hoc , vel illud Radiorum genus apud M N , ut conſtitutio Lucis X Y , quoad ejus converſionem in Colores, pateat.

Quemadmodum , ſi deſideretur , ut ſenſui planiſſime pateat , quod Priſma convertit Lucem in Colores, non tranſmutando proprietates ejus intrinſecas, ſed ſegregando tantum Radios , ad excitandum varia Colorum phantaſmata diſpoſitos , ex quibus Lux omnis albens conſtituitur . Nihil aliud agendum eſt , quam ut Priſma aliquod H I K ita ſtatuatur, ut Lucem X Y excipiat, & refringendo tranſmutet in Colores P, Q, R, S, T in papyrum aliquam procidentes . Deinde , ſi Colorem quemlibet apud Lentem M N interpoſito obſtaculo ſiſtas, videbis eundem Colorem a papyro L V deficere . Sic, Purpuram *p* obſtruendo , diſparebit Purpura P , ceteris Coloribus non omnino mutatis ; (dempto forte cæruleo, quatenus aliquid Purpuræ commixtum habeat.) Sic, viridem *r* intercipiendo , viridis R evaneſcet ; & ſic de aliis. Atque ita videre eſt, quod iidem Colores apud papyrum L V , & apud Lentem M N pertinent ad eoſdem Radios, iiſque non communicantur a Refractione Priſmatis H I K ; ſiquidem præexiſtebant, ſegregati quidem ad Lentem M N , & congregati in Luce X Y .

Ad eundem modum , ſi cupias experimenta penitus rimari, quibus aliqua genera Radiorum omnino reflecti poſſint , dum alia , (licet ſimiliter incidentia ,) partim tranſmittantur; Priſma H I K circa axem ejus converte, donec altera pars Colorum, (violacea nempe , & cærulea ,) poſtquam obliquiſſime refracta fuerit verſus L V , abinde penitus diſpareat verſus *π* deflexa ; parte tamen altera ad L V pervadente . Deinde, ſi dimidium Colorum , Rubedinem verſus, intercipias ad M N , Rubor & flavus diſparebunt ad L V, & Lux ad *π* reflexa fiet admodum cærulea. Sin alterum dimidium, Purpuram verſus, intercipias, Rubor apud L V non mutabitur, ſed Lux in *π* , (propter ablatum purpureum, & cæruleum ,) flaveſcet , aut rubeſcet . Id, quod indicat purpuriformia , & cæruliformia , Radiorum genera penitus ad *π* reflecti, dum cetera partim refranguntur ad L V . Præterea , ſi corpus aliquod coloratum , v. gr., cinnabaris , hac Luce X Y illuminetur , ſub proprio Colore perinde apparebit, quaſi in Luce ſubdiali conſtitutum aſpiceres. Quod ſi cæruliformes & viridiformes Radios juxta Lentem prælapſuros intercipias, Rubor ejus intendetur: At, cum rubriformes Radios intercipis, cinnabaris non amplius rubebit, ſed Flavedinem, aut Viriditatem , aliumve quemvis Colorem , pro ſpecie Radiorum , quos prætermittis, induet . Nec ſecus alia Colorum phænomena , quæ Priſmata ab immediata Solis Luce eliciunt , ope Lucis hujus X Y , poteris experiri, &, intercipiendo quodvis Radiorum genus apud M N , eorum cauſas intueri.

Si quis autem velit inſtrumentum , quale jam deſcripſimus , ad experimenta hujuſmodi inſtituenda conficere, Lentem adhibeat latam tres digitos, & amplius, quæ Radios parallelos ad focum duos pedes, circiter, diſtantem congregat ; atque ita Priſmata diſtabunt octo pedibus, & conficient inſtrumentum ſatis magnum, quo omnia ſtrictius examini ſubjiciantur. Quod ad poſitionem Lentis attinet, ſi Priſmatum anguli verticales A C B , & D G E, ſunt æquales , puta 60, vel 70 , graduum, ipſa æqualiter ab utriſque diſtabit. Sin alter angulus ſit major altero , Lens illi Priſmati vicinior collocetur , cujus angulus verticalis exiſtit major . Et nota , quod jubar

X Y

Digitized by Google

X Y per ſpatium eo latius diffunditur, quo Lens ſtatuitur anteriori Priſmati A B C vicinior. Atque adeo, ſiquando opus ſit amplo jubare, debes tantum efficere, ut Lens ſit aliquanto vicinior anteriori Priſmati, quam poſteriori, & adhibere Priſma poſterius, cujus angulus verticalis ſit tanto fere minor, quam angulus verticalis anterioris. Denique, ſi velis, ut Colores in Lentem illam procidentes ſint magis directi & ab invicem diſtracti, quam more jam deſcripto contingat, ea nempe de cauſa, ut ſingula Radiorum genera pro lubitu diſtinctius, ſive magis ſejunctim intercipiantur; (id, quod in experimentis nonnullis neceſſarium duco;) nihil aliud agendum eſt, quam ut Lux per duo parva foramina F, & *f*, ab invicem longe diſtantia, prius trajiciatur, quam incidat in Priſmata; vel, ut alia Lens non procul ab interiori Priſmate collocetur, quæ apta ſit, ut Lucem, a longinquo foramine F divergentem, congreget ad alteram ſubſequentem Lentem M N. Ceterum, hoc inſtrumentum ſic recte diſponere invenio moleſtiſſimum eſſe, ut & effectus ejus haud ita diſtinctos & ſenſui patentes ac in præcedentibus, ubi per pauciores Refractiones & majora vitrorum intervalla oſtendebantur. Et eapropter Auditores imprimis illa ſimpliciora & faciliora experimenta examini conſultius ſubjicient.

PARS SECUNDA.

SECTIO SECUNDA.

De variis Colorum Phænomenis.

De Phænomenis Lucis per Priſma ad parietem trajectæ.

HUcuſque fundamenta ſtruxi, quibus Colorum quocunque modo effectorum phænomena explicari poſſunt; effectuum vero, quos ſupra minus attigi, jam cauſas particulares & immediatas, non Geometrarum, (quibus, ſcio, ſupervacaneum videatur,) ſed aliorum gratia, ſigillatim deſcribam. Malo enim hic aliqua, quæ pleriſque ſuperflua fortaſſe videbuntur, interſerere, quam quicquam alicujus momenti omittere, quod incautis & præjudicio laborantibus difficultatem ſubminiſtrare poſſit.

Et imprimis, circa Priſmatis vulgo notos effectus, (quorum cauſam abunde ſatis retexi,) circumſtantiæ nonnullæ ſuperſunt explicandæ: utpote, cur primitivi Colores non omnes eliciuntur, cum Lux, (cujus Radios ab origine heterogeneos Priſma per inæquales Refractiones diſpergit) non tranſit per anguſtum foramen, ſicut paſſim in præcedentibus ſuppoſui, ſed ex unica tantum parte limitatur. Verbi gratia, ſi corpus aliquod opacum F G (*Fig. 93., Tab. XX.*) Soli interponatur & Priſmati, juxta baſem ejus A B, quod umbram projiciat in M P, Colores efficiat in ſpatio P T, & Lucem permittat in ipſum N T influere; in P T, confinio Lucis & umbræ, nulli Colores generabuntur præter purpureum & cæruleum cum variis eorum gradibus. Et ratio eſt, quod ex Radiis omnium formarum, qui tranſeunt per extremitatem dicti corporis opaci F G, ſoli purpuriformes, propter maximam eorum Refractionem, poſſunt ad P uſque deflecti, unde Color purpureus ibi conſpicitur. Deinde cæruliformes, cum paulo minus refrangibiles exiſtant, incident in totum ſpatium N Q, non potentes ulterius verſus M deflecti, quam ad Q. Atque ita duæ Radiorum ſpecies, eæque ſolæ, incident in Q, & Colorem ex purpureo & cæruleo compoſitum exhibebunt. Præterea, viridiformes, minus adhuc refrangibiles, in ſpatio N R non ultra extendentur, quam ad R. Flaviformes autem terminabuntur in S. Quare tres tantum ſpecies Colorum miſcebuntur ad R, & Color ex iis omnibus,

Digitized by Google

bus, (nempe ex purpureo, cæruleo, & viridi,) generabitur. At, cum purpureus & viridis commixti producant cæruleum, ut facile est ex antedictis experiri,) liquet Colorem ad R non fore alium, quam cæruleum. Denique, cum Radii rubriformes minime omnium refringantur, ut in spatium N T incidentes non magis deflectantur versus M, quam ad T, liquet, quod in dicto spatio N T fiet mistura Colorum omnium, & proinde albescet; sed in ipso S, (ubi Color omnis, dempto rubeo, miscetur,) cæruleus ad Viriditatem nonnihil vergens apparebit; sed maxime dilutus, propterea quod solus Rubor ex Albedinis compositione desit.

Porro, si corpus opacum *fg* Soli interponatur & Prismati juxta verticem ejus C, sicut videre est in *Schemate* 94. *Tab. XXI.* inter obscuratum spatium N T, & lucidum P M, cernes alios duos Colores, rubeum in T, & flavum in R; idque, propter jam dictas rationes. Quippe Radii, prout apti sunt ad hos ordine Colores (rubeum, flavum, viridem, cæruleum, & violaceum,) generandos, intenduntur per spatia M T, M S, M R, M Q, & M P; cum soli rubriformes extenduntur usque ad T, ceteris, propter majorem Refractionem, citius terminatis, necesse est, ut iste Color in T sit rubeus. Item, cum tria Radiorum genera in R incidant, Color ex istis (nempe rubeo, flavo, & viridi,) compositus ibidem cernetur. Rubeus autem & viridis flavum constituunt, atque adeo flavus apparebit in R. Præterea, cum omnium formarum Radii misceantur in P, & postea perpetuo versus M, spatium illud P M apparebit album. Nec secus constat, quod citreus in S, & in Q flavus ad Viriditatem vergens apparebit, sed adeo dilutus tamen & cæruleo redundans, ut nomen Viriditatis non mereatur.

Tertio, si opaca duo corpora G F & *gf*, (*Fig.* 95. *Tab. XXI.*) Soli & Prismati interponantur, ut Radii inter utrumque, quasi per oblongam rimam Prismati parallelam, transeant, atque distantia F *f* sit satis magna, pro utroque termino F, & *f*, generabuntur Colores; purpureus nempe ad P, & cæruleus ad R per terminum F; atque flavus ad *r*, & rubeus ad *t*, per terminum *f*, sicut modo explicatum fuit: Eritque T *p* spatium album utrisque Coloribus interjectum. Jam, si obstacula G F, & *gf*, ad se invicem paululum admoveantur, ut intermedium spatium F *f* evadat angustius, isto pacto Spatium album quoque T *p* fiet angustius, donec tandem evanescat & Colores utrinque coeant. Sin spatium F *f* magis adhuc coarctetur, Viriditas in medio Colorum emerget vice Albedinis, quæ jam evanuit; quæ quidem Viriditas non antea apparuit, propter commisturam Radiorum heterogeneorum, quibus involuta latuit; jam vero, heterogeneis istis per obstacula duo sibi propius admota alterne interceptis, Viriditas ea paulatim detegitur, patet, & evadit perfectior, donec (cum dictum F *f* satis angustum est,) ab omni fere mistura liberatur, & eruitur, propriaque specie non minus, quam ceteri Colores, elucet. Et hinc in transitu colligitur, quod Viriditas inter Colores medietatem exacte obtinet, non magis ad rubeum vergens quam ad violaceum, neque ad flavum quam ad cæruleum; hoc est, in specie Coloris, & respectu multitudinis Radiorum ad Colores utrinque pertinentium. Nam, in gradu Refrangibilitatis, minus differt a parte rubea, flavaque, & in alia quadam proprietate, (cui jam explicandæ non est locus,) minus differt a parte purpurea & cærulea.

Præterea, cum Albedo T *p*, propter angustiam pervii spatii F *f* incipit evanescere, Colores etiam contractiores paulatim apparebunt; ita ut, cum istud F *f* sit valde angustum, flavus ad rubeum, & cæruleus ad violaceum, quasi duplo vicinior evadat, quam, cum amplitudo ejus permisit Albedinem in medio Colorum produci; & ut quinque Colores, (Viriditate jam internata,) non occupent plus spatii, quam eorum duo prius occupavere. Cujus rei ratio ex schematum inspectione patebit animadvertenti, quod flavus ad *r*, & cæruleus ad R, ex heterogeneis Radiis compositus, mutatur in fere uniformem flavum ad loca S & *s* incidentem, & in fere uniformem cæruleum ad loca Q & *q* similiter incidentem, heterogeneis Radiis e mistura, per angustiam spatii F *f*, magna ex parte sublatis.

Quarto, si Lux terminetur obstaculo G *g*, cujus extremitas perpendiculariter

 trans-

Digitized by Google

transversa est ad longitudinem Prismatis, Colores omnino nulli, virtute termini illius, generabuntur. Etenim, ponamus parallelos Radios OF, & O*f*, ceterosque, (*Fig. 96. Tab. XXI.*) juxta extremitatem dictam G*g* in Prisma ABC prolapsos, ibidemque refractos esse ad PT, & *pt*, atque MN esse umbram ipsius G*g*. Jam, licet Radii purpuriformes FP, & *fp* magis refringantur quam rubriformes FT, & *ft*, tamen, ista Refractione secundum terminum umbræ facta, ita ut ex dictis Radiis multi magis deflectant versus umbram, quam ceteri; palam est, quod ubicunque purpuriformes incidunt, rubriformes etiam incident in eundem locum, & e contra. Quod idem de Radiis intermediis pari modo concipiatur. Et sic, Radiis omnium specierum ubique per extremitatem umbræ commixtis, umbra bene definietur sine aliquo Colore, (præter album, vel fuscum ex Luce & umbra mixtis,) conspecto. Sed cavendum est, ne Colores, per limites Prismatis A*a* vel C*c* generati, habeantur pro generatis a limite G*g*. Quamobrem Prismata, quæ ex vitro in totum fiunt, ad examen hujus & proxime præcedentis commode instituendum, nimis sunt exigua; propterea quod Colores, per extremitatem verticis & basis producti, interjectum spatium album haud relinquent satis amplum, in quo generatio Colorum prædictis modis probetur. Itaque, ut Prisma conficiatur ex vitris planis & bene politis, qualia ad Specula conspicienda adhibentur, moneo; quibus in morem cunei connexis, & in vasculum dein prismiforme completis, ut supra dictum, vasculum istud impleatur aqua limpidissima & occludatur, & sic Prismata ad arbitrium ampla conficias.

Quinto, ut omnia jam uno comprehendam specimine, sit G*g* (*Fig. 97. Tab. XXI.*) corpus opacum orbiculari foramine F*f* unum duosve digitos lato pertusum, per quod Lux in Prisma trajiciatur; ubi cum refracta fuerit, projicitur in papyrum, vel quodvis album corpus MN, quasi semisse pedis a Prismate postpositum; & videbis illuminatum spatium PYTZ rotundum ad modum foraminis F*f*, album in ejus medietate, & duabus semilunulis Colorum terminatum, purpureo & cæruleo ad P, flavo autem & rubeo ad T, qui Colores paulatim deficiunt versus Y & Z, ubi nulli omnino conspiciuntur. Præterea, si papyrum ad majorem distantiam paulatim distuleris, velut ad *mn*; videbis Colores distendi & augeri, & intermediam Albedinem usque comminui, dum prorsus evanescat, totumque spatium Coloribus, rubeo, flavo, cæruleo, & purpureo, tinctum appareat; & papyrum longius differendo, Viriditas e medio emerget, & crescet, tum amplitudine spatii, tum perfectione speciei, totumque spatium coloratum distrahetur in oblongam formam. Quorum omnium rationes ex supradictis depromantur.

Ad hæc, si Lux obstaculo ad quamvis distantiam post Prisma collocato terminetur, consimilis erit Colorum generatio. Sit, v. gr., obstaculum G*g* (*Fig. 98. Tab. XXII.*) perforatum in F, & ad distantiam pedis unius, aut amplius, post Prisma ABC collocatum. Prisma autem satis amplum adhibeatur, (quale ex laminis vitreis, ut supra, possis efficere,) ne Lux omnis prius abeat in Colores, quam attingat foramen F; & Lux illa, postquam transiit per F, non secus convertetur in Colores apud P, Q, R, S, T, quam contigit in præcedentibus. Scilicet, inspicienti schema patebit, quomodo Radii diversorum generum inæqualiter refracti convergant a diversis partibus Prismatis ad istud F, ubi, (ut & hinc inde versus G & *g*,) componunt Albedinem; sed inibi decussantes divergunt postea, diversique Colores in diversa spatia P, Q, R, S, T, tendunt. Et hinc, cum Radii repagulo quolibet H ex utravis parte Prismatis intercipiuntur, e Coloribus P, Q, R, S, T, aliqui tollentur. Si Radios nempe vertici C vicinos intercipias, tolles purpureum P; vel tolles rubeum T, si intercipias eos basi AB vicinos. Et sic de aliis; ita ut quoslibet pro arbitrio possis tollere, vel efficere, ut quilibet solus appareat.

Denique, si Lux ex unica tantum parte pone Prisma limitetur, vel si duo statuantur limites, iique, vel ad easdem, vel ad oppositas partes Prismatis, vel quocunque alio more Lux terminetur; modus, quo Colores exinde generantur, ex antedictis facile patebit, ut jacturam temporis fecero de hac re plura verba facturus.

Quin-

Digitized by Google

Quinetiam, si duo, vel plura, Prismata quocunque modo inter se disponantur, peritus Optices facile explorabit causam.

Ceterum de modo tollendi quoslibet Colores in *Fig.* 98. per interpositionem obstaculi H hic obiter notandum venit, quantum ista circumstantia adversatur hypothesibus Philosophorum, quæ de Coloribus huc usque fuerunt excogitatæ. Ex illis enim positis, refracta Lux ad eas semper partes cum cæruleo & violaceo terminanda est, versus quas fit Refractio; quandoquidem gyrationes globulorum, ex opinione *Cartesii*; vel partes anteriores pulsuum ætheris oblique vibrantis, ex hypothesi Mri. *Hookii*, per viciniam quiescentis medii ad eas semper partes impediuntur & hebescunt. Et tamen hic videre est, quod admoto obstaculo H, ut Radios vertici Prismatis vicinos intercidat, possis violaceum & cæruleum tollere, & efficere, ut viridis, vel flavus, aut etiam ruber, ad eas partes maneat extimus, versus quas Refractio peragitur. Nec hypothesis eorum tutior est, qui supponunt Colores ex Lucis & umbræ mistura generari; nam eadem videtur esse in eorum confinio mistura, sive aliqui ex Radiis ante Refractionem limite H intercidantur, sive omnes per Prisma libere transeant.

Hujusmodi etiam hypotheses ex aliis experimentis passim occurrentibus everti possent, modo id instituto meo necessarium ducerem. Quemadmodum ex illis, ubi Lucem partim reflecti posse, & partim transmitti, docebam: nam Lux transmissa dabat flavum rubeumque, idque in meditullio ejus, ubi a nullo quiescente medio, vel tenebris, terminabatur. Sic etiam maxime valet, quod ostendi Colorem Lucis ex uniformibus Radiis constantis non posse per quaslibet Refractiones mutari. Ceterum non opus est, ut hypotheses refutem, quæ, ex inventa tandem veritate, sua sponte corruent.

Phænomenis jam ante explicatis affinia sunt sequentia, quæ circa compositionem Albedinis versantur. Prismata duo A B C, & *abc*, (*Fig. 99. Tab. XXII.*) quorum anguli verticales A C B, & *acb*, æquentur, ita parallelis axibus dispone, ut alterius linea verticalis A C cum *b*, extremitate basis alterius, conveniat, planis B C & *bc* in directum jacentibus. Quo facto, si Sol transluceat ea in papyrum M N, octo, vel duodecim, digitos postpositam, Colores quidem generabuntur ad M, & N, per exteriores Prismatum terminos B, & *c*, non autem per interiores C, & *b*; sed medium spatium P T totum apparebit album. Sin alterutrum Prisma tollas, alterius extremitas C, vel *b*, generabit Colores ad P T; ac dein, si restituas, Albedo etiam restituetur. Scilicet, Albedo ista componitur ex Coloribus ab extremitate C, & *b*, Prismatis utriusque prolapsis; id, quod facile constet ex præfatis. Nam, Radii purpuriformes ab utroque Prismate refracti limitantur in eodem puncto P; ita ut ab uno Prismate manantes incidant in P M, ab altero in P N, & ab utroque simul in totum M N, non secus ac si omnes ab unico Prismate venissent. Eodem modo, cæruliformes extenduntur per totum spatium M N, & eorum terminus communis est Q, prout manant a diversis Prismatibus; & sic de ceteris. Quare omnigeni Radii commiscentur in unaquaque parte spatii P T, & Albedinem ideo component; sin alterutrum Prisma tollas, puta A B C, vel Lucem ei potius occludas, tum Radiis rubriformibus ab M T, flaviformibus ab M S, viridiformibus ab M R, cæruliformibus ab M Q, & purpuriformibus ab M P, sublatis, manebunt rubriformes in N T, flaviformes in N S, viridiformes in N R, cæruliformes in N Q, & purpuriformes in N P: Adeoque purpureus apparebit in P, & cæruleus in R, ut ostendimus ante. Et simili ratione, si Lux occludatur alteri Prismati *abc*, ne permeet, Rubor apparebit in T, & Flavedo in R.

In istis autem experiendis requiritur, ut anguli A C B, & *acb*, sint æquales; id, quod tentabis, si Prismata secundum longitudinem eorum ita connectas, ut duo ex planis dictos angulos comprehendentibus, puta B C, & *bc*, (*Fig.* 100. *Tab. XXII.*) fiant contigua, & reliqua A C, & *ac*, sibi opposita. Quo facto, si Radii Solis ingressi foramen F pergunt ad eundem locum S, cum trajiciuntur per dicta Prismata perpendiculariter ad eorum latera A C, & *ac*, atque cum libere progrediuntur,

M 2 nul-

Digitized by Google

nullo interjecto obstaculo, tum plana AC, & *ac*, sunt parallela, & anguli ACB, & *acb*, æquales; sin istud non eveniat, sunt inæquales. In quo casu notetur præterea, quod inclinando plana BC, & *bc*, , (*Fig.* 99. *Tab. XXII.*) vel ab invicem reclinando, possis Albedinem in PT haud secus componere, ac si dicti anguli fuissent æquales, & plana BC, & *bc*, in directum jacentia.

Quinetiam possis hoc idem cum unico tantum Prismate perficere, dummodo satis magnum sit; puta, cujus refringentia latera AC, & BC, (*Fig.* 101. *Tab. XXIII.*) sint sex, vel octo, digitos lata. Etenim sint FG, & *fg* duo corpora opaca, plana, rectangula, & ad Prismatis planum AC *ca* secundum planitiem ejus sic applicata, ut eorum angularia puncta G, & *g*, juxta plani istius centrum se mutuo contingant, & latera concurrentia, (quorum FG & *fg* sint ad axem Prismatis parallela,) ex adverso jaceant in directum. Quo facto, si Lux refracta projiciatur in papyrum MNX, pedes quasi duos distantem, obstaculum FG projiciet umbram in MH, purpuram efficiet in PHIQ, ac cæruleum Colorem in QILT, & permittet Lucem in LN. Dico jam, si Speculo aliquo *μν* X Colores ex alterutra parte lineæ HL, velut HL*pt*, ita reflectantur, ut incidant in papyrum ad eundem locum cum Coloribus HLPT, ex altera parte Color omnis evanescet, totumque HLPT apparebit album. Nam, purpuriformes Radii a Prismate ad PHIQ directe tendunt, & cetera quatuor Radiorum genera ad eundem locum reflectuntur a Speculo, incidentes, puta, in HI*πχ*. Item, purpuriformes & cæruliformes directe tendunt ad QIXR, & cetera tria genera illuc reflectuntur ab IX*ρχ*; & sic de reliquis: Adeo ut omnes omnium generum Radii passim per spatium PHLT misceantur, ibidemque componant Albedinem. Sed notandum est, quod, cum Lux Reflexione semper debilitatur, Radiis quamplurimis inter reflectendum amissis, exinde forsan eveniat, quod Lux directa nonnihil prævalebit reflexæ, & Color ejus dominabitur, nisi compensatio fiat, ita papyrum inclinando, ut directa Lux paulo obliquius in eam incidat, quam reflexa; de qua re facile judicium feras ex perfectione Albedinis emergentis.

Antequam ad aliud experimentorum genus transeo, necessarium erit, ut formam imaginis coloratæ, quam Lux per arctum orbiculare foramen in tenebrosum cubiculum influens, & per Prisma deinde transmissa effingit, paulo magis articulatim inspiciamus, & singulorum ejus Colorum dimensiones ac distantias ab invicem, nec non Refrangibilitatis gradus singulis Radiorum generibus competentes sedulo rimemur.

Ostendebatur sub initio, quod, ubi Prisma, (cujus angulus verticalis erat quasi 63 grad.,) imaginem ad distantiam 22 pedum projiciebat, longitudo ejus erat $13\frac{1}{4}$ dig., & latitudo $2\frac{5}{8}$ dig.; Adeoque centra extimorum circulorum, ex quibus in longum dispositis imago illa constitit, distabant $10\frac{5}{8}$ dig. Jam, ad hanc distantiam, sive distractam longitudinem imaginis, ceteras ejus dimensiones referre convenit, propterea quod ad absolutam ejus longitudinem, (quæ a magnitudine componentium circulorum dependet,) non habent certam relationem. Quo autem dimensiones ejus majori ἀκριβείᾳ investigarem, loca, ubi Colores in suo genere perfectissimi, eorumque confinia in transversam papyrum incidebant, calamo scriptorio notabam, &, observationibus hujusmodi sæpius repetitis & inter se collatis, has tandem conclusiones sigillatim perdidici.

1. Cæruleus & violaceus ex una parte, & viridis, ac rubeus ex altera imaginem bipartiebantur; adeo ut viridis, & cærulei confinium, (quod thalassinum appellare possim,) meditullium ejus occuparet.

2. Locus, ubi porracea, sive floridissima, Viriditas apparuit, divisit imaginis distractam longitudinem in ratione 3 ad 5; utpote longitudine illa in 8 partes divisa, Viriditas illa tribus partibus a rubeo termino distabat, & quinque partibus a purpureo.

3. Spa-

Digitized by Google

3. Spatium, per quod Viriditas omnis, aduſque cærulei & flavi confinium, diſtendebatur, fuit quaſi ſexta pars totius diſtractæ longitudinis.

4. Cærulei & purpurei confinium, ſive indicus perfectiſſimus a confinio rubei flavique, ſive a perfectiſſimo citrino, quaſi $\frac{7}{12}$ partibus totius diſtractæ longitudinis diſtabat.

5. Denique, hæc indici & citrini diſtantia, per confinium viridis & cærulei, in ratione 2 ad 3 dividebatur; ita ſcilicet, ut confinium iſtud, ſive meditullium imaginis, ab indico $\frac{14}{60}$ partibus totius diſtractæ longitudinis diſtaret, & $\frac{21}{60}$ partibus a citrino.

Cum iſthæc, quanta potui diligentia, obſervaſſem, non proprio tantum ſenſu confiſus, ſed, (propter ſummam difficultatem præciſe diſtinguendi confinia Colorum, & loca maximæ perfectionis,) aliorum judiciis fretus; imaginis dimenſiones juxta hæc inventa delineavi, quemadmodum videre eſt in *Fig.* 102. *Tab. XXIII.* Scilicet, centris X & Y, $10\frac{1}{4}$ unciis diſtantibus, & ſemidiametris $1\frac{1}{16}$ unciis, ſemicirculos duos APC, & BTD e ragione deſcripſi, & rectis AB & CD tangentibus connexui.

Deinde linea XY, (quam ſupra denominavi diſtractam longitudinem imaginis,) in 60 partes æquales diviſa, ſumſi LY = 9, IY = 20, HY = 30, & FY = 44 partes ejuſmodi. Et, perpendiculis ad iſta puncta erectis, imaginem in quinque partes, Coloribus quinque inſignioribus competentes, diſtinxi; parte PF referente expanſionem violacei, & FH expanſionem cærulei, & ſic deinceps. Quo facto, coloratam Lucem in hanc figuram projeci, ut conſtaret denuo, an Color quilibet intra limites ſic aſſignatos contineretur; &, cum tota imago totam occupabat figuram, ſinguli etiam Colores cum ſingulis partibus quamoptime conveniebant. Interea vero in ſpatiis iſtis loca obſervabam, (qualia in hoc ſchemate punctim notantur,) ubi ſinguli Colores ſaturi, & in ſuo genere illuſtriſſimi, apparuere.

Jam, horum locorum & limitum, Colores diſterminantium, intervalla non alia fore manifeſtum eſt, etiamſi circulos ex quibus imago conflatur, per methodos ſæpius recenſitas, centris non mutatis, quantumvis minueres. Ea ſcilicet de cauſa, ut heterogenei plus ſegregarentur, & Colores evaderent ſimpliciores. Quippe, cum in ipſiſſimis rectilineis terminis AB, & CD, Colores ſint abſolute ſimplices, & Colores in media imagine prope lineam XY, cum iſtis, quibus interjacent, marginalibus congeneri appareant, ratio etiam ſuadet, quod heterogeneorum miſtura non ſenſibiliter mutet locum alicujus Coloris; ſiquidem, hinc & inde venientes, ſe mutuo contemperant. Sic, Radii viridiformes & purpuriformes per cæruleum ſparſi æquipollent, & ideo non dimovent, aut conturbant Colorem illum, ut ſoli, (quamvis nulli purpuriformes intermiſcerentur,) ibidem componerent & exhiberent. Sed hic excipienda ſunt ſpatia circulis terminalibus AC, & BD comprehenſa, ubi contemperamentum illud ex parte exteriori gradatim deficit, & ideo ſaturi Ruboris, qui ſolus, e præfinitis, in circulum terminalem ſe extendit, poſitionem in imagine e parte marginali, ubi tranſibit circulus, expedivi, ut indicat *Fig.* 103. *Tab. XXIII.* In his autem ſi quid hæſites, poſſis experimenta de novo inſtituere, contrahendo imaginis latitudinem, ut circuli, ceteris paribus, minores evadant, & nullus dubito, quin omnia quadraverint.

Ceterum, quamvis Colorum confinia in lineas ad F, H, I, & L, erectas incidebant, tamen loca, ubi ſaturi & intenſi apparuere, non omnia conſtitere in medio interjecti ſpatii; nam cæruleus, qui in ſua ſpecie illuſtriſſimus erat & nullatenus purpuraſcens, propius ad F cadebat, quam ad X; & pleniſſima Flavedo videbatur eſſe aliquantulum propior ad H, quam ad I. Atque ita, Rubedo & Purpura propius ad centra X, & Y, quam ad alteros limites intenſæ apparuerunt; ſolaque Viriditas in medio limitum F, & H, effloruit. Unde conſtat ratio, quod, etſi

Digitized by Google

etsi flavus & cæruleus commixtione viridem componunt ; rubeus tamen & viridis, propter majus intervallum , non bene componunt flavum ; nec viridi : & purpureus cæruleum . Cum igitur Colores juxta medium constipatiores sunt , ita ut inter flavum & rubeum , juxta & inter cæruleum & purpureum , quasi triente majus intersit intervallum , quam inter viridem & flavum , vel cæruleum sibi hinc & inde conterminum ; quo imago elegantius in partes inter se proportionales distinguatur , in numerum quinque insigniorum Colorum duos alios , citreum scilicet inter rubeum & flavum , ac indicum inter cæruleum ac violaceum , asciscere convenit ; idque potissime , quod , post quinque insigniores , illi duo eminere videntur , spatiaque , ubi interserantur , pro speciei perfectione , satis ampla obtinent ; & sic exteriorum Colorum redundans expansio præscindetur , omnesque ad quantitatem Viriditatis , politiori symmetria , proportionati evadent .

His itaque intertextis Coloribus , observationes denuo instituebam , & , (ut breviter dicam ,) omnia comparuere juxta ac si partes imaginis , quas Colores occupant , proportionales essent chordæ sic divisæ , ut singulos gradus in octava resonare faciat . Quod cum tandem deprehendi , figuram imaginis in partes perinde divisi , ut videre est in *Schem.* 103. *Tab. XXIII.*) Atque iterum tentavi , quam bene cum his partibus Colores convenirent . Scilicet , imaginis distracta longitudine X Y producta ad Z , ut Y Z sit æqualis X Y , finge X Z cordam esse , quam in X Y ita dividere oportet , quasi singula segmenta ad usque Z protensa singulos octavæ gradus (sol , la , fa , ut , re , mi , fa , sol) edere deberent . Id quod fiet bissecando X Y in H , & trisecando in G & I , rursusque trisecando X I in E , & capiendo K Y quintam , & M Y octavam partem totius X Y . Et semitonia E G & K M indicum & citrium referent , ceterique quinque toni X E , F G , G H , H I , I K , ceteros quinque præcellentes Colores , quorum singuli , cum tota Colorum congeries in totam figuram adæquate incidit , intra has singulas respective partes comprehensi fuerint . Inque meditulliis harum partium circiter , Color quilibet in propria specie illustrissimus & intensissimus apparuit ; etiam Purpura & Rubedo , quamvis ultra versus P , ac T , marcescente Luce exundarunt .

Ceterum , hæc non adeo præcise observare potui , quin ut fateri cogar ea posse paulo aliter fortasse constitui . Quemadmodum , si inter X Z , & Y Z , sumantur undecim mediæ proportionales , quarum E Z secunda sit , F Z tertia , G Z quinta , H Z septima , I Z nona , & K Z decima ; hæc etiam imaginis distributio cum Colorum expansionibus sat bene convenire videbitur . Nam , differentiæ adeo minutæ , quales inter hanc & superiorem distributionem intercedunt , acutissimo sensu judice , vix comparituros errores efficere possunt .

Quantum vero distributiones illæ differunt , ex adjunctis numeris patebit , quorum superiores ad chordam 720 partium ratione musica divisam respiciunt , & inferiores ad eandem chordam quamproxime divisam ratione geometrica .

Chorda musice divisa

360. 320. 300. 270. 240. 216. 202$\frac{1}{2}$. 180.

Chorda geometrice divisa

360. 321. 303. 270. 240. 214. 202. 180.

Superiorem vero distributionem potius adhibui , non tantum quod cum phænomenis optime convenit , sed quod , fortasse , aliquid circa Colorum harmonias , (qualium Pictores non penitus ignari sunt , sed ipse nondum satis perspectas habeo ,) sonorum concordantiis fortasse analogas , involvat . Quemadmodum verisimilius videbitur animadvertenti affinitatem , quæ est inter extimam Purpuram ac Rubedinem , Colorum extremitates , qualis inter octavæ terminos , (qui pro unisonis quodammodo haberi possunt ,) reperitur .

Ex

Digitized by Google

Ex his demum proportiones ſinuum Refractionis cuique Radiorum generi competentium, (ratione mechanica ,) determinantur ; utpote , ad vitrum aeri contiguum , cum ſinus Radiorum hinc & inde extimorum ſint ut 68 ad 69 , divide intermediam unitatem in ratione partium hujus imaginis , & orientur 68, $68\frac{1}{8}$, $68\frac{1}{5}$, $68\frac{1}{3}$, $68\frac{1}{2}$, $68\frac{2}{3}$, $68\frac{7}{9}$, 69, pro ſinubus ad confinia terminoſque ſingulorum ſeptem Colorum pertinentibus , reſpectu communis ſinus Incidentiæ $44\frac{1}{4}$, cum Refractio fit e vitro. Cum vero fit in vitrum , pro ſinubus iſtis adhibe numeros 68, $68\frac{2}{9}$, $68\frac{1}{3}$, $68\frac{1}{2}$, $68\frac{2}{3}$, $68\frac{4}{5}$, $68\frac{7}{8}$ 69, exiſtente communi ſinu Incidentiæ 106. Et pro ſinubus ad Radios , ubi Colores ſunt in propriis ſpeciebus perfectiſſimi , pertinentibus, numeri inter hos numeros intermedii adhiberi poſſunt.

Sic, ad aquam aeri conterminam, ubi extremi ſinus Refractionis ſunt 90 ad 91, ſinus intermedios per conſimilem unitatis intermediæ diſſectionem , (ſtatuendo ſcilicet eſſe 90, $90\frac{1}{8}$, $90\frac{1}{5}$, &c. vel 90, $90\frac{2}{9}$, $90\frac{1}{3}$, &c.,) elicere poſſis. Aſt, hic memento determinationes haſce non eſſe præciſe geometricas, ſed tam proxime tamen accuratas , quam exigunt hujuſmodi res practicæ ; & quidquam amplius moliri , præter computandi tædium , affectatam & inanem curioſitatem argueret.

Sunt & aliæ circa hos Colores circumſtantiæ , quas jam determinare potuiſſem ; quemadmodum variæ eorum formæ & expanſiones, pro variis poſitionibus Priſmatis circa axem convolventis ; vel , pro varia materia refractiva , ex qua Priſma fabricatur, quave circumdatur ; vel etiam , pro varia magnitudine ejus anguli verticalis. Sed ea omnia ex oſtenſis in parte priori , (conferendo cum jam explicatis,) ſat manifeſtantur ; ut & effectus , quantum ſcio , omnes , quos vel unica tantum Refractione , vel utcunque pluribus, & quavis terminatione Lucis elicere liceat.

De Phænomenis Lucis per Priſma in Oculum tranſmiſſæ.

Poſt explicata Colorum a parietibus , aliiſve objectis reflexorum phænomena, ordo poſtulat, ut ad affines objectorum trans Priſmata prope Oculum interpoſita conſpicuorum apparentias explicandas jam animum adjiciam. Et , cum doctrinam in quinque Propoſitionibus ſupra traditam , per prioris generis experimenta ſolummodo probaverim, & hoc experimentorum genus, eo quod non ſit adeo ſimplex, conſulto reticuerim , explicationem ejus jam fuſe tradere non pigebit.

Hic ideo imprimis recordari oportet , quod objectorum mediante Refractione viſorum imagines , non in propriis locis, ſed aliis quibuſdam videntur, a quibus videlicet refracti Radii recta ad Oculum tendunt: atque adeo, ſi ita refringantur, ut, qui fluunt ab iiſdem partibus objecti , a diverſis locis directe ad Oculum veniant , objectum illud in totidem locis apparebit. Sit, ex. gr. X (*Fig.* 104. *Tab. XXIII.*) objectum ; O Oculus ; & BC Lens interpoſita , quæ pluribus planis ſuperficiebus C D, DE, EF , &c., terminetur, ſicut ad objecta multiplicia reddenda fabricari ſolet. Dein, ſuppone hæc plana Radios in ſeſe incidentes ita refringere , ut Oculum petant quaſi a loco *x* venientes, qui incidunt in planum DE, vel a loco *y* venientes, qui incidunt in Planum EF, & ſic porro ; & manifeſtum eſt, tum ratione , tum experientia ſuadente, quod idem objectum X in diverſis locis, *x*, & *y*, ad inſtar plurium videbitur.

Ad eundem modum , ſtantibus jam poſitis , niſi quod , vice polygoni BC, Priſma A B C (*Fig.* 105. *Tab. XXIV.*) ſubſtituatur , cum e præmonſtratis conſtat , quod e Radiis verſus Oculum refractis , purpuriformes , propter maximam Refrangibilitatem , longiſſime a linea recta Oculum & objectum interjacente divaricant . Suppone , quod Oculum petant quaſi venientes a P , & quod rubriformes Oculum pe-

Digitized by Google

petant quasi venientes a T, ceterique in locis intermediis, pro gradu Refrangibilitatis, fluant; & manifestum est, quod objecti, si ope purpuriformium Radiorum solummodo conspiceretur, imago foret ad P, idque cærulei Coloris; sin Radiis solummodo rubriformibus conspiceretur, imago ejus ad T existeret, idque rubei Coloris; & ad R viridis appareret, si modo viridiformibus Radiis conspiceretur; & sic præterea. Quod, si objectum duo tantummodo Radiorum genera simul emitteret, duplicem sortiretur imaginem; sic, emissis rubriformibus & purpuriformibus Radiis, imago altera ad T rubea appareret, & altera ad P purpurea. Et sic denique, si omne genus Radiorum simul emitteret, (ut solent corpora naturalia,) tunc innumeras Colorum gradatim differentium obtineret imagines, per totum spatium PT ordine continuo dispositas; quæ, cum in locis, non penitus discretis, formarentur, se mutuo obliterarent, efficerentque, ut nil, nisi confusa Colorum series appareret.

Hoc pacto quidem Colores omnigenos generari oportet, cum objecti lucidi, Nigredine, vel tenebris terminati, perexigua est apparens magnitudo, qualis est Solis, vel Lunæ, aliorumve syderum, aut foraminis in fenestra Lucem a nubibus in obscurum cubiculum intromittentis. Quod, si expansius objectum intueamur, quale ad X designatur; terminum ejus G H vertici Prismatis propiorem imprimis animadvertamus; & manifestum est, quod imaginum ejus, ex variis Radiorum generibus formatarum, purpurea longissime omnium, veluti ad P, divaricante, Color ille apparebit extimus. Imago autem viridis, adusque R translata, cum parte aliqua purpureæ imaginis, ut & intermediæ cæruleæ, ibidem coincidet & confundetur, a qua mistura cæruleum Colorem generari oportet. Et rubea in T terminata cum partibus ceterarum omnium imaginum eousque extensis coincidet, & Colorem objecti ibi restituet, album, puta, si modo objectum sit albi Coloris.

Et, quemadmodum juxta limitem G H, objectum purpureo & cæruleo fimbriatum apparebit; sic, in opposito limite I K, per consimile ratiocinium, patebit alteros Colores, rubeum flavumque, produci.

Nec secus, cum ejusdem objecti partes aliquæ sunt aliis utcunque lucidiores, Colores varii generari debent.

Et quantitas anguli P O T, sub quo Colores apparent, erit maxima cum Prisma statuitur Oculo vicinissimum, eoque minor evadet continuo, quo Prisma propius ad Objectum collocatur. Quemadmodum, si Prismatis ex vitro confecti angulus verticalis sit 60. gr., Colores sub angulo 2. 2′ circiter apparebunt, cum proxime Oculum disponitur; & 1. 1′. cum in media, inter Oculum & objectum, distantia statuitur; & quasi $30\frac{1}{2}$ min. cum triplo plus distat ab Oculo quam ab objecto; & sic præterea. Hic autem suppono Radios ad utramque superficiem ejus æqualiter refringi. Nam, cum positionem ad Radios ex alterutra parte obliquiorem, convertendo circa axem, acquirit, ille angulus augebitur. Suppono etiam objectum satis lucidum esse, ac tenebris densissimis terminatum, ut Colores adusque summas extremitates videri possint. Nam, secus, per latitudinem jam assignata minorem, distendi videbuntur, ut ut de quantitate aliisque Colorum circumstantiis in quibuslibet objectis sub dio conspectis apparentium, idque pro Refractionibus utcunque factis, ex his facile est conjicere.

Ceterum in allatæ doctrinæ illustrationem phænomena aliquot insigniora & minus obvia ex abundanti jam breviter describere est animus.

Et imprimis, accepto filo aliquo P T (*Fig.* 106. *Tab. XXIV.*) ejus alterum dimidium P R cæruleo Colore tinxi, atque alterum R T Colore rubeo. Dein, Prismate adhibito, hoc filum intuebar, cujus a tergo, nisi locus erat tenebrosus, corpus aliquod nigerrimum statuebam, vidique præfata dimidia, non in directum jacentia, sed in duas lineas discreta, quas in *pr* & *st* habes designatas. Scilicet, cærulei dimidii, propter majorem eorum Radiorum Refractionem, imago paulo longius translata fuit. At, linea tamen subobscura ipsius P T refracta apparuit, cujus partes in directum jacere & a qua Colores aliquantulum prostare visi sunt; id, quod

Digitized by Google

quod ex imperfectione, & mixtura in utrisque fili Coloribus latente contigit. Nam, quanto illustriores erant & simpliciores, ea linea tanto obscurior evasit, & Colores *pr*, & *st*, clariores & magis interrupti.

Ceterum, cum Lux, quam filum tenue reflectit, perexigua sit, præstat adhibere corpus aliquod expansius, quale per PN (*Fig.* 107. *Tab. XXIV.*) designatur, quod, v. gr., concipe papyrum esse ex parte PRLK cæruleam, & ex altera parte rubeam. Tum Prismate juxta Oculum interposito, nigroque corpore, aut loco tenebroso, pone hoc objectum sito, videbis imaginem cæruleæ partis paulo longius translatam esse, terminis *pt*, & *kn* in confinio Colorum *rs*, & *lm*, ut ante diffractis. Sed hic summe cavendum est, ut papyrus cum crassis & intensis Coloribus illinatur.

Huic affine est experimentum, cum statui duo Prismata ad foramina duo, quibus Lucis patuit aditus in tenebrosum cubiculum, ac in eo situ disposui, ut unius Purpura, & Rubor alterius, in eundem locum coirent. In quo loco fixi papyri segmentum circulare, & non latius dimidio, vel triente, latitudinis coloratarum imaginum, eapropter, ut duobus illis solummodo Coloribus illuminaretur. Quo facto Papyrus pallidi cujusdam Coloris apparuit. Tum ceteris utrinque Coloribus objecto nigro terminatis, vel, (quod satius erat,) longius projectis, ut præfata papyrus nigredine, vel tenebris, circumcincta appareret, tertium Prisma ad Oculum applicavi, & ad distantias abinde, pro arbitratu, varias me submovens, unicæ illius subpallidæ papyri geminam vidi imaginem, purpuream, & rubeam. Et imago purpurea longius a papyro translata erat, quam rubea, prout major eorum Radiorum Refrangibilitas exigit. Rem *schemate* 108. *Tab. XXIV.* designatam habes, ubi papyri *p*T imagines sunt X & Y.

Ad eundem modum, si duo pulverum genera, quorum alterum perfecte rubrum est, & alterum purpureum, vel indicum, sine mistura cyanei, viridis, aut flavi parari possent, objectum aliquod perexiguum cum mistura pulverum istorum crasse illitum, geminam imaginem exhiberet: spectaculum forte causas ignorantibus mirandum. Sed vereor, ut pulveres Coloribus adeo simplicibus præditi parari possint.

His præterea non multum dissimile est, cum Colores duorum Prismatum ita in parietem trajiciuntur, ut, (unius Rubore contingente purpureum alterius,) in directum jaceant, quemadmodum videre est ad P τ, &, mediante Prismate parallelos interposito intuentur. Nam, imagines, non amplius in directum jacebunt, sed ab invicem apparebunt distinctæ, sicut ad *mn* & $\mu\nu$ designantur, *Fig.* 109.

Atque ita, si duo Prismata A, ac B (*Fig.* 110. *Tab. XXIV.*) sic statuantur, ut eorum Colores ad locum P*p* adæquate incidant in ordine tamen contrario, Purpura alterius A cadente ad *p*, & Rubore ad P; alterius autem B Purpura cadente ad P, & Rubore ad *p*; & per tertium Prisma EF imagini P*p* parallelum perspexeris; unicæ P*p* duas decussantes imagines intueberis, alteram MN e Coloribus Prismatis B productam, & alteram *m n* e Coloribus Prismatis A. Et, quo longius ab objecto P *p* te conferas, eo magis extremitates imaginum M a *n*, & N a *m* distabunt.

His etiam contraria sunt experimenta, quod objecta duo, sive sunt circelli chartacei X & Y (*Fig.* 108. *Tab. XXIV.*) diversis Coloribus illustrati, sive diversorum Prismatum paralleli, vel decussantes Colores, ut M N & *m n*, (*Fig.* 110. *Tab. XXIV.*) ita possunt, mediante alio Prismate, conspici, ut in unum coalescere videantur.

Et, præter jam recensita, perinsigne est hujusmodi experimentum, quo objecta Coloribus, per interpositionem Prismatis, denudantur, quibuscum nudo Oculo tincti apparent. Instantiam in Solis imagine colorata accipe, quæ in parietem a Prismate ABC (*Fig.* 111. *Tab. XXV.*) projecta, cum cernitur mediante alio parallelo Prismate *abc* manibus prehenso, cujus vertex ad plagas versus rubeum Colorem convertitur, si Spectator se longius ab imagine gradatim amoveat, percipiet Colores

Digitized by Google

res paulatim contrahi, & ad invicem eousque accedere, donec tandem uniti reficiant imaginem albam & circularem. Id, quod accidet, cum Spectatoris eadem est a Coloribus distantia ac Prismatis A B C, si modo Prismatum anguli verticales æquentur. Et ratio ex eo manifesta est, quod oblongam illam imaginem ex circulis, sive circularibus imaginibus, infinite multis, & in longum continue dispositis, efformatam esse docuerim; quare, quæ sunt ad purpuream extremitatem longius per Refractionem secundi Prismatis transferuntur, ut ceteras assequi possint, & sic omnes coincidere.

Ad hunc modum, cum objecta quælibet, ut Q R, foras posita, confusas & coloratas eorum imagines, ut X *s*, ad parietem per Prisma transmittunt, si mediante alio Prismate inspicias, possis imagines hasce Coloribus denudare, & efficere præterea, ut distinctiores appareant, quemadmodum ad *q r* (*Fig.* 111. *Tab. XXV.*) videre est. Quoniam vero ad sufficientem copiam Lucis requiritur, ut foramen F sit amplum; per ejus autem amplitudinem transmissæ imagines evadunt confusæ, Lens aliqua convexa, ut *m n*, prope foramen istud statuenda est, quæ Radios, a singulis punctis objecti foras positi venientes, congreget in totidem aliis punctis ad parietem, & insuper Prismata debent esse admodum transparentia, perpolita, & superficiebus accurate planis terminata, inque situ, quam poteris exacte, parallelo disposita. Tanta quidem diligentia non requiritur, ut imagines *q r*, X *s* sine Coloribus appareant; sed, ut inter tot ac tantas Refractiones distinctæ appareant, præter accuratam fabricam vitrorum, requiritur experientis ingenium, quo omnia recte disponantur.

Hic in cumulum præterea adjici potest, quod objecta, quo simpliciori Luce illuminantur, eo distinctiora per Prismata apparent; quippe, cum eorum per Prismata sub dio visorum confusio ex inæquali Refrangibilitate illuminantium Radiorum oriatur. Et hinc est, quod solaris imaginis sæpius commemoratæ termini rectilinei, (in quibus nullam esse heterogeneorum Radiorum commisturam indicavi,) præ ceteris omnibus objectis distincti, mediante Prismate, appareant. Et sic, Muscæ, & similia Animalia, cum in rubea, vel alia quavis Luce simplici, Prismatibus elicita, statuantur, transvidentur solito distinctiores. Quinetiam Oculus Engyscopio armatus, omnia hac Luce simplici illustrata, distinctiora cernit. Id, quod insignem in contemplatione Insectorum vel texturæ aliarum rerum naturalium præ se usum ferre potest.

In tertia Propositione supra de phænomenis quibusdam disserui, ubi e Radiis ad refringentem superficiem æqualiter inclinatis aliqua genera pervasere, dum alia penitus reflectebantur; & illis affinia quædam jam attingere opportunum duco. Esto S Spectatoris Oculus, quo Lucem a nubibus sub dio ingressam planum F G, (*Fig.* 112. *Tab. XXV.*) reflexam a plano H I & plano F H regressam excipit; &, cum Prisma commode statuitur ita, ut Radiorum, e medietate basis H I versus Oculum reflexorum, angulus Reflexionis sit quasi 50. gr., pars proximior basis remotiori aliquantum obscurior videbitur, & in utriusque partis confinio fimbria, qualis D E sub-cærulei Coloris apparebit. Utpote, cum Radii, qui a remotiori parte basis ad Oculum reflectuntur, obliquius incidant, quam qui eo resiliunt a parte proximiori, talis potest assignari eorum circa medium basis obliquitas, ut e proximioribus, propter minorem obliquitatem, aliqui perrumpere & refringi possint, dum remotiores, propter majorem obliquitatem, omnes ad Oculum reflectuntur. Sic, ad vitrum, cujus Refractionem per rationem sinuum 42 ad 62 metimur, in plano S A B C ad Prismatis longitudinem transverso, posito angulo C *t* S 49. 22′; ang. C *r* S 49. 44′; & ang. C *p* S 50. 5′; *t* erit limes Refractionis rubriformium Radiorum, ultra quem nulli superficiem H I penetrabunt, qui, propter debitam obliquitatem Incidentiæ, ad Oculum reflecti possunt; & a citeriori parte C *t* complures e Radiis sic incidentibus, propter minorem obliquitatem, pervadere possunt & refringi, qui Oculum peterent, si modo reflecterentur. Et sic, *r* erit limes Radiorum viridiformium, & *p* limes purpuriformium. Adeoque superficiei I H pars citima C *p* propter

pter complures Radios omnis generis transmissos, obscurior apparebit, quam pars ultima tB, qua omnes, qui Oculum attigere, eo reflectuntur. Et, quia rubriformes a limite t, & viridiformes a limite r incipiunt ex parte pervadere, manifestum est, quod ex illis pauciores a spatio pt ad Oculum resilient, quam e purpuriformibus, qui non prius incipiunt pervadere, quam ad limitem p; ut & pauciores, quam e cæruliformibus, qui ad limitem inter p & r tantum pervadere incipiunt. Et proinde, in illo spatio purpureus & cæruleus Color aliquantulum dominabitur. Deque tota subcærulea linea DE consimilis est discursus.

Hæc autem linea, non recta est, sed, in morem arcus, incurvata; propterea quod puncta Radios a basi Prismatis ad Oculum in angulo Reflexionis dato resilientes reflectentia ejusmodi curvam constituunt.

Quod ad Refractiones, in superficiebus Prismatis FG, & FH, factas spectat, nihil refert in remotiori FG quænam sint, dummodo Radii e proximiori FH perpendiculariter emergant, angulo KHG existente quasi $40\frac{1}{4}$ gr. Quod si angulus ille major existat, Colores in linea DE, adjuvante Refractione, paulo distinctiores evadunt; & minus distincti, si sit minor. Major etiam Oculi a Prismate distantia, vel, (quod perinde est,) pupillæ coarctatio, Colores nonnihil perficit.

Ad hæc, cum duo Prismata, parallelis axibus & basibus contiguis, ad invicem applicantur, & in eo situ colligantur, iidem omino effectus per Radios ab aere interclusos reflexos producuntur. Sed, Radii transmissi contrarios exhibebunt. Esto ACDB (*Fig.* 113. *Tab. XXV.*) sectio utriusque Prismatis ad eorum longitudines perpendiculariter transversa; & CB contactus basium, aut potius aer interclusus. Quippe Prismata vix queant tam arcte comprimi, quin ut aer nonnullus in morem tenuissimæ lamellæ maneat interclusus. His positis, Oculo S Radios a CB, lamella aeris interjecta, reflexos intercipienti, omnia apparebunt, ut ante: at Oculo s trajectos excipienti, omnia cernentur contraria, spatio t B opaco & obscuro existente, & Cp translucido, ac eorum confinio pt, juxta t, Ruborem saturum; juxtaque r, citrium flavumque exhibente; qui Color usque ad p gradatim diluitur, ubi in album p C desinit. Et hi Colores longe intensiores & illustriores apparent, quam subcæruleus Color ex altera parte ad Oculum S reflexus. Quorum quidem omnium rationes e supradictis patent; siquidem, e Radiis versus Oculum s tendentibus, qui incidunt in superficiei partem t B, omnes, propter nimiam obliquitatem, alio reflectuntur, solique rubriformes superficiem istam a C usque ad limitem t, viridiformes ad limitem r, & purpuriformes ad limitem p, tantum pervadere possunt.

Ceterum hic cavendum est, nequa Lux in superficiem CB a parte D incidat, quæ, vel ad Oculum s reflexa vel transmissa ad Oculum S, Colores conturbet. Et insuper, ne Refractiones a superficiebus AB, & CD, factæ ad effectus jam explicatos quicquam conducere videantur, præstat, ut superficies istæ statuantur parallelæ, quo mutuos effectus, (ex opinione recepta,) destruere possint.

De phænomenis Lucis per medium refractivum parallelis planis terminatum transmissæ.

Transactis triangularium Prismatum phænomenis, quæ quadrangulis per parallela plana efficiuntur, jam opportune subveniunt enarranda. Id, quod lubentius aggredior, cum Philosophi hactenus crediderunt Colores nullos hoc pacto generari, existimantes posteriorem superficiem effectus omnes per contrariam Refractionem Radiis auferre, quos prior inducit: & hoc pro experto habere rati, quod in vitris fenestrarum aut aliis consimilibus nullos produci videant. At, in eo decepti sunt, quod hujusmodi Colorum quantitas & perfectio dependet a distantia parallelarum superficierum. In laminis quidem vitreis, propter parvum superficierum intervallum, Colores sunt adeo tenues & exiles, & in spatio tam angusto comprehensi, ut effugiant sensus: at, cum vitra magis crassa adhibentur, aut potius vitrea vascu-

la parallelepipeda aqua limpidissima plena, Colores tunc liquido generari cernuntur.

Nam concipe ABCD (*Fig.* 114. *Tab. XXV.*) esse vitreum, vel aqueum, parallelepipedum aere circumcinctum, cujus ex oppositis & parallelis planis duo, lineis AC, & BD, designentur. Et Sol illud per exiguum foramen F oblique transluceat, ejusque paralleli, vel convenientes, Radii in anteriori superficie ad H ita debent inæqualiter refringi, ut ab invicem deinde divergant, usque dum incidant in posteriorem superficiem ad PT, & ibidem Colores omnigenos depingant, perinde ut supra sat fuse explicui. Jam, cum, propter parallelismum superficierum refringentium, Radii tantum a posteriori recurventur, quantum incurvantur a priori, necesse est, ut sibi ipsis, ex aere secundum SH incidentibus, emergant paralleli, adeoque distantias ac positiones acquisitas in infinitum servent, & elicitos Colores eo usque sine aliqua variatione promant. Quemadmodum, si PH, e refractis ad H, sit purpuriformis Radius, & TH rubriformis, eorum denuo refracti P*p* ac T*t* incidentibus SH, adeoque sibimetipsis, paralleli emergent; & proinde Purpuram & Rubedinem, quam ad P ac T exhibuere, ad quamlibet distantiam *pt* immutatam transferent, & sine quavis uspiam variatione conservabunt, purpureo a P in *p* translato, rubeo a T in *t*, ceterisque a locis intermediis in loca correspondentia.

Hoc equidem præcise debet evenire, si modo Radii secundum eundem SF, vel parallelas lineas, in hoc Prisma inciderent; siquidem, tunc emergent paralleli: at, cum inclinantur ad invicem, uti de promanantibus a diversis partibus solaris disci contingit, tunc etiam emergent inclinati, & eapropter mutationes quasdam in ulteriori translatione patientur. Utpote, circuli a singulis Radiorum generibus effecti, ex quibus, in longum dispositis, colorata Solis imago in superficiem BD procidens constituitur, propter divergentiam Radiorum in foramine F decussantium eo dilatiores evadunt, quo Radii longius post emergentiam fluunt; dum eorum centra, quæ Radiis a centro Solis, secundum eandem quampiam lineam, ante Refractionem effluentibus illuminentur, easdem, post Refractionem, distantias & positiones inter se perpetuo conservant. Et hinc est, quod spatium *prt* solari Luce, in tenebrosum cubiculum immissa, illuminatum, eo magis dilatetur, & in orbicularem formam contrahatur, quo longius post Prisma terminatur; & Viriditas in medio R, siqua sit, paulatim transmigret in Albedinem, vel, si nulla sit, sed propter angustiam Prismatis hujus, aut amplitudinem foraminis Lucem intromittentis, Albedo medietatem Colorum occupet, eadem Albedo sensim dilatetur. Sed Colores tamen hinc inde non diluuntur, nec in spatium angustius contrahuntur, utut minus luminosi, propter dilatationem imaginis evadant.

Ad hæc, si mediante parallelepipedo intueamur visibilia, Coloribus non secus tingantur, quam si Prisma triangulare adhiberetur; præsertim, si parallelepipedum ad pertranseuntes Radios sat obliquetur, ut multum refringat, & objecta sint admodum propinqua. Nam, si objecta longinqua sint, sive intervallum istud intercedat parallelepipedum & objecta, sive parallelepipedum & Oculum, utcunque Refractio per obliquitatem parallelepipedi fiat magna, Colores tamen non generabuntur. Sit X (*Fig.* 115. *Tab. XXV.*) punctum lucidum Radios per parallelepipedi refringentia plana AC, & BD, ad Oculum S emittens, & manifestum est, quod ducta S*t*NX, quæ rubriformem Radium designet, & S*p*MX, quæ designet purpuriformem, hi Radii ad utramque superficiem æqualiter refringentur, adeoque triangula *p*S*t*, MXN similia conficient, purpuriformi Radio, propter majorem Refrangibilitatem, hinc & inde apud *p*, & M, plus vergente a directo tramite, quam rubriformis: unde necesse est, ut sese alicubi intra Prisma decussent, quemadmodum videre est ad O, iterum conficientes triangula *p*O*t*, MON, similia, sive trapezium S*p*O*t* simile trapezio XMON, adeoque Oculum petent, tanquam si primario fluxissent ab eodem O, & Refractionem ab unica tantum superficie AC passi fuissent. Et hinc non tantum sequitur Colores generari, sed & angulum *p*S*t*,

sive

five Colorum apparentem latitudinem, aliasque circumstantias pro qualibet Oculi positione determinari posse. Quemadmodum manifestius erit, si conferas cum experimento, quo objecta in aquam alte immersa oblique inspicienti Coloribus nonnihil tincta videntur, propter Refractionem stagnantis superficiei. Nam A C superficiem stagnantis aquæ, & O objectum aliquod immersum, quod Spectator S intuetur, referre potest. Quod quidem O facile invenies, ducendo rectam S X, quæ refringentes superficies secet in K, & L, ac dividendo in O, ut sit S K ad L X ut S O ad O X, sive ut K O ad O L.

Quinimo, ad hæc experienda pro parallelepipedo vas optime adhiberi potest, quod in fundo transfoditur, & vitri lamina perpolita & horizonti parallela resarcitur, ut aquam cohibere possit. Nam, cum aqua ad altitudinem pedis, aut amplius, infunditur, Lux, per vitri aut aquæ istius parallelas superficies oblique trajecta, Colores pro more explicato producet, possisque, successive collocando objecta ad X & O, phænomena conferre. Id, quod etiam fieri potest disponendo duo vitrea Prismata triangularia, ut A C E, D B F (*Fig.* 116. *Tab. XXVI.*) ad distantiam pedis, aut amplius, in eo situ, ut eorum latera correspondentia, A C ad D B, & C E ad B F, evadant parallela, & Radii per interiores superficies perpendiculariter, proxime, trajiciantur. Tunc enim exteriores A C, & B D, refringentia plana parallelepipedi referent. Et, propter vitri majorem quam aquæ vim refractivam, Colores elicientur magis illustres.

Et hæc de Colorum a parallelis planis genesi monuisse sufficiat; nisi forte juvet annotare diversitatem effectuum, qui ab hisce producuntur, & a triangularibus Prismatibus. Ejusmodi sunt 1., quod Colores, cum in papyrum projiciuntur, splendidiores evadunt per auctam papyri longinquitatem, si modo Prisma sit triangulare; sin parallelepipedum, hebescunt. 2. Cum objecta per Prismata triangularia transpiciuntur, Colores itidem splendidiores evadunt ex objectorum aucta longinquitate, at secus fit in parallelepipedis. 3. Cum Sol translucet Prisma triangulare, Colores oriuntur, terminando Lucem ex utravis parte Prismatis: at, cum translucet parallelepipedum, Colores non oriuntur terminando Lucem a posteriori ejus parte. Cujus rei ratio est, quod heterogenei Radii a triangulari Prismate divergentes fiunt, adeoque, post emergentiam, plus plusque segregantur; at in parallelismum restituuntur emergentes e parallelepipedo, & non amplius ab invicem recedunt. Denique notum est, quod Colorum, in extremam partem Oculi, in Solem vel lucernam per Prisma triangulare respicientis, quilibet astans videbit ordinem ei contrarium, quem videt ipse Spectator. At, cum parallelepipedum adhibetur, idem erit ordo Colorum in utroque casu, propter decussationem Radiorum in parallelepipedo, ubi Spectator transpicit, quemadmodum inspicienti schemata manifestum.

Et ex hac effectuum diversitate phænomenon componitur, quo Colorum ad diversas distantias diversi fiant ordines. Utpote per vas aqueum A B C D, (*Fig.* 117. *Tab. XXVI.*) in cujus fundo Y Z refert laminam vitream, quam in superioribus horizonti parallelam esse supposui, jubare trajecto, si vas ad partes Solem versus allevetur, ut fundum ejus magis obliquetur ad perlabentem Lucem, quam superior stagnans superficies; heterogenei Radii, propter majorem in egressu Refractionem, convergentes evadent; adeoque, decussando, mutabunt situm. Si Lucem charta proxime egressam excipias, Purpura cadet infra Ruborem; & chartam longius differendo in loco decussationis, per commisturam evanescent conversi in Albedinem, ac postea de novo emergent in ordine contrario, ut videre est ad Q, R, & V.

Ad aliud experimentum jam transeo his quodammodo affine; quo Colores, non a parallelis quidem superficiebus generantur, sed a superficiebus ita inclinatis, ut interposita Reflexione parallelarum rationem habeant. Sit S F (*Fig.* 118. *Tab. XXVI.*) linea Coloribus omnigenis irradiata, quorum purpurei, dum ad F ingrediuntur Prisma, refringuntur versus H, & rubei versus G; abinde vero reflectuntur ad K, & I; unde egredientes refringuntur denuo ad M, & L. Dico jam, si

si Prismatis anguli ABC, & CAB, æquentur, emergentes Radii IL, & KM, paralleli erunt. Nam, in triangulis FGA, IGB, cum anguli A, & B, ex hypothesi, æquentur, ut & anguli FGA, & IGB, propter æqualitatem Incidentiæ & Reflexionis, triangula erunt similia, angulique AFG, BIG æquales, atque adeo æqualis erit Refractio in F, & I, & inde anguli CFS, CIL, æquales. Et, eadem ratione, patebit angulum CKM angulo eidem CFS æqualem esse, adeoque Radios IL, & KM, parallelos. Jam, cum Radii IL, & KM, secundum eandem lineam SF successive incidentes, non secus emergant paralleli quam in præcedentibus, ubi superficies refringentes erant parallelæ, eadem omnia phænomena, quæ ibi ostensa sunt, huic competere certum est. Quemadmodum, Lucem Solis Coloribus tingi, si Prisma satis amplum adhibeatur, ut spatium FGI, vel FHK, sufficiat ad efficiendam sensibilem divergentiam Radiorum, antequam, per iteratam Refractionem, in parallelismum reducantur; sed ejusmodi Colores, non perfectiores, per longinquitatem obstaculi quo interciduntur, evadere. Item, istos Colores, si Oculo postposito immediate excipiantur, eo magis manifestos fore, quo objectum, quod intuemur, sit Oculo propinquius; ut, & eo magis, quo anguli CAB, & CBA, majores existant; & eundem denique ordinem servare cum in obversum Oculum directe mittuntur, atque cum cernuntur ad parietem, aliudve obstaculum terminati. Hæc, inquam, evenire debent, si amplum Prisma adhibeatur, (quale ex aqua vitro circumdata fabricari possit) & anguli A, & B, constituantur æquales. At, in angustis Prismatibus, distantia Radiorum IL, & KM, minor est quam ut Colorum sensibilis possit esse latitudo, & cum anguli A, & B, sunt inæquales, perinde est, ac si refringentes superficies, in præcedentibus, non sunt parallelæ, & similes sunt effectus.

Quod de Coloribus dicitur, cum unica tantum Reflexio Refractionibus intervenit, facile applicatur ad alios casus, ubi plures interveniunt; sed placet aliquod præterea de Reflexionibus exponere, quibus generantur effectus, quos solæ Refractiones exhibere possunt. Sit SF, (*Fig. 119. Tab. XXVI.*) ut prius, linea diversis Coloribus successive irradiata, qui versus p, t, aliaque intermedia loca, pro gradibus Refrangibilitatis, a Prismatis latere BC reflectantur ad M, N, ubi iterum impingentes in latus AC refringuntur denuo ad P, T, & Colores ad P, T perinde apparebunt, atque ad $\pi\,\tau$ apparerent, si modo Radii Fp, Ft, &c. per duplum Prisma ABC; (idest, per Prisma, cujus angulus verticalis ACb, sit duplo major hujus angulo verticali ACB,) recta fluxissent ad $m\,n$, & inde versus $\pi\,\tau$ refringerentur. Nam, pares sunt omnes utrobique anguli, sive a plano BC, per AC versus PT resiliant Radii, sive longius per BC pergant ad $\pi\,\tau$, utpote angulus CtN (= BtF) = Ctn; & inde CNt = Cnt; adeoque CNT = C$n\tau$. Atque idem in aliis Radiis intellige. Cum autem præcipuæ Colorum ad $\pi\,\tau$ circumstantiæ in superioribus tradantur, cramben jam reponerem, si quid amplius de persimilibus phænomenis ad PT instituerem dicere.

De phænomenis Lucis per media sphærice terminata transmissæ, deque Iride.

Hactenus Colores Refractionibus planarum superficierum generatos contemplati sumus; jam de sphæricis superficiebus agendum est; & imprimis, de Lentibus, seu figuris, a duabus diversarum sphærarum portionibus, comprehensis. Ejusmodi autem Lens esto MN, (*Fig. 120. Tab. XXVII.*) per quam Lux solaris juxta Ff, nec non undique terminata transmittitur. Sitque HK Focus, ad quem postea convergat. Et cum Radii similiter incidentes, non omnes similiter refringantur, concipe, quod, Radiorum secundum OF incidentium, purpuriformes refringantur ad K, rubriformes ad H, & viridiformes ad punctum intermedium r. Et, pari ratione de Radiis secundum Of incidentibus, concipe, quod purpuriformes tendunt ad H, rubriformes ad K, ac viridiformes ad r. Atque idem de Radiis undique termina-

na-

Digitized by Google

natis, (juxta Lentis peripheriam,) concipe. Et patebit primo, si Radii a papyro DL prius terminentur, quam ad locum HK conveniant, quod Color rubeus in confinio Lucis & umbræ deberet undique conspici. Utpote, si lineæ FH, F*r*, & FK, ipsam DL in punctis T, R, & P secent; FH quidem in puncto T, F*r* in puncto R, & FK in puncto P: posito similiter quod *f*H, *fr*, & *f*K, eandem DL in punctis π, ρ, ac τ, respective secent, & productis etiam FH, & *f*K, donec sibi in *t* occurrant; ut, & FK, & *f*H, donec occurrant in *p*, constabit punctum *t* longius distare a Lente, quam punctum *p*, quandoquidem cadit ultra locum HK, *p* vero citra. Et proinde, puncta P, & π, interjacent punctis T, & τ. Constabit etiam purpuriformes Radios per totum spatium P π solummodo dispergi; propterea quod, per integrum spatium F*f* in Lentem parallele incidentes, versus locum *p* refringantur; & sic Radii viridiformes spatium R ρ occupabunt; uti & rubriformes spatium T τ, extra quod nulli omnino ex Radiis parallele incidentibus, (nisi contingenter & nulla certa lege, propter bullulas quasdam, aliaque vitia in vitro latentia, refracti,) possint divaricare. Quare spatium P π a Radiis omnium Colorum illuminatum, debet albescere. At, cum purpuriformes desint a spatiis R, & ρ, ceterorum mistura debet exhibere flavum. Atque ita, cum soli rubriformes extendantur ad T, & τ, in locis T, ac τ, Rubor apparebit, & spatium illuminatum P π, (quod orbiculare concipe,) duobus Colorum circulis, rubeo, flavoque, tingetur. Hæc equidem eveniunt, cum charta DL inter Lentem & punctum *p* collocatur. Et Colores tanto perfectiores evadunt, quo charta sit puncto *p* propinquior. Et, cum statuitur ad ipsum *p*, Albor e medio penitus evanescere deberet, si modo Radii, a diversis partibus solaris disci ad Lentem manantes, inciderent paralleli. Quod, si charta paulo longius amoveatur, uti ad *r*, ubi viridiformes Radii concurrunt, adversi Colores ubique ad illam distantiam miscebuntur, & se invicem ita delebunt, ut vix alius, quam Albor apparebit. Si charta deinceps adhuc longius transferetur, puta, ad *dl*; invertetur Radiorum ordo, & puncta τ, ac T, interjacebunt punctis P & π, adeoque spatium T τ ab omnibus Coloribus illuminabitur, & proinde albescet; & in spatiis circa R, & ρ, ad quæ Rubor non extenditur, cæruleus componetur, & violaceus apparebit in extremitate summa P, & π. Qui quidem Colores non tantum manifestiores sunt, quam Rubor & flavus, per interpositionem chartæ inter Lentem & Focum, ut prius, emergentes; sed perpetuo manifestiores evadunt, quo charta adhuc longius amovetur.

Latitudo spatii, sic tincti Coloribus, ex præmonstratis petenda est; vel etiam sic facile determinari potest. Cum differentia Refractionis Radiorum, in Refrangibilitate maxime discrepantium & similiter incidentium, sit quasi septuagesima pars totius Refractionis, ut ex ostensis patet; &, cum angulus HFK designet differentiam Refractionis, angulusque F*rf* summam Refractionum utrinque ad F, & *f*, factarum; hoc est, duplum Refractionis juxta alterutrum F, & *f*; angulus HFK erit quasi septuagesima pars semissis anguli F*rf*, sive $\frac{1}{140}$ pars totius F*rf*; & proinde, subtensa HK quasi $\frac{1}{140}$ pars latitudinis F*f*, per quam Luci patet aditus, aut ea fortasse paulo major. Denique, cum sit F*r*. FR :: HK. TP, vel $\tau\pi$, dabitur intervallum TP, vel $\tau\pi$, quod quærebatur. Si quis autem cupit, ut hæc exactius determinentur, computatio non est adeo difficilis, quin ut ipse, adhibito calamo, perficiat. Quod ad Lentes utrinque concavas attinet, e jam ostensis facile constabit eas Lucem trajectam in ejus extremitate cum cæruleo tingere. Quæ vero de Lentibus utrinque convexis, vel concavis dicuntur, de convexo-concavis æquipollentibus sunt etiam intelligenda.

Sunt & alia phænomena, quæ de Lentibus explicare possem; sed, cum Oculi pars anterior, (humor nempe crystallinus, ac tunica cornea) speciem Lentis Radios ad retinam congregantis referat, de ipsa maluissem nonnulla dicere. Eorum tamen, quæ de Lente jam explicui, nolo aliquid enixe repetere, cum ad Oculum

facile

Digitized by Google

facile applicentur, utut expertu satis difficilia sint, propterea quod ægre possimus efficere, ut Oculi pars anterior, & posterior, ad invicem ita accedant, aut ab invicem recedant, sicut de Lente, & papyro, Lucem terminante descripsi. Quapropter Radii, ut plurimum, eo modo in retinam procidunt, quo posui terminatos esse in papyrum δλ; atque adeo, propter misturam dissimilium, quæ ab oppositis partibus pupillæ adveniunt, Colores mutuo delebuntur, & convertentur in album, si objectum, quod intuemur, sit album; aut in illum quemlibet Colorem, quocum objectum tingitur, siquidem ille tunc ceteris debet prævalere.

Ceterum, ex hisce detegitur modus, quo omnia, quæ nudis Oculis intueamur, possint ita tingi Coloribus, ac si Prisma interponeretur, licet multo minus manifesto. Idque si Radii per alteram partem pupillæ transituri, ab interpositione digiti vel cujuslibet obstaculi, prope Oculum intercipiantur, dum Radii ingressuri alteram partem libere transire permittantur. Hujusce vero rei duos casus non pigebit explicare; alterum, cum Radios intercipimus ad partes versus objectum lucidius; posito nempe, quod objecta duo, album & nigrum, juxta posita intueamur; & alterum, cum Radios intercipimus ad partes versus nigrius. Sit (*Fig.* 121. *Tab. XXVII.*) ergo LB objectum lucidum, & BD obscurum, quorum terminus communis sit B, a quo Radii in Oculum *dl*, juxta oppositas partes pupillæ F*f*, promanantes sint BF, & B*f*; Radii autem secundum lineam BF in Oculum pergentes, pro gradu Refrangibilitatis, refringantur versus H, *r*, & K. E contra vero, qui pergunt in linea B*f*, refringantur versus K, *r*, & H, ceteraque gradatim intermedia loca, prout de Lente modo explicui. Ponamus jam, quod *eg* sit obstaculum, quo omnes Radii prope *f* lapsuri intercipiuntur, prætermissis B*g*, & ejusmodi aliis per F solummodo tendentibus; & constabit primo, quod ex Radiis a diversis partibus objecti LB manantibus, qui ~~veniunt a partibus~~ versus L in retinam incidunt propius ad *l*, quam qui veniunt a partibus versus B; siquidem in pupilla decussant. Et sic BD deberet Radios versus H*r* emittere. Sed, cum illud BD, propter Nigredinem, nullos pene Radios in Oculum jaculetur, retina *ld*, non ultra versus *d* illuminabitur, quam ad H. Quinimo, non ad H usque illuminabitur, nisi a Radiis rubriformibus; viridiformes enim terminabuntur in *r*, & purpuriformes in K, spatio *l*K a purpuriformibus, *lr* a viridiformibus, & *l*H a rubriformibus illuminato. Quamobrem spatium *l*K, propter omnium Radiorum misturam, albescet ad instar objecti BL; sed in exiguo spatio HK, quod termino B respondet, Colores generabuntur, rubeus quidem ad H, propter solos rubriformes Radios illuc tendentes, & flavus ad *r*, propter misturam Viriditatis, Flavedinis, ac Rubedinis. Jam, cum omnia videantur pro more imaginum in Oculum receptarum, constat objectum LB juxta extremitatem ejus B non distincte cerni, sed Coloribus rubeo & flavo tingi.

Ad eundem modum, si transferatur obstaculum *eg*, &, ceteris stantibus, objecto interponatur & oculo secundum adversas partes pupillæ, prout videre est ad EG, eo ut Radii juxta F intercipiantur, Radiique B*f* in Oculum præter BG ingrediantur: constabit e contra, quod, ex Radiis a toto BL prosilientibus, purpuriformes occupabunt spatium H*l*, viridiformes spatium *rl*, & rubriformes spatium K*l*. Quare, spatio K*l*, ut prius, albescente, Color violaceus jam debet apparere in H, & cæruleus in *r*; & eapropter objecti LB extremitas B jam aliis tingitur Coloribus, violaceo & cæruleo.

Et ad eundem modum, si duo quælibet objecta, vel ejusdem objecti diversæ partes juxta positæ, gradu Lucis differant, etsi alterum non sit omnino nigrum, tamen Colores apparebunt in eorum communi termino; rubeus quidem, & flavus, cum obstaculum ad partes versus objectum obscurius; violaceus autem, & cæruleus, cum ad partes versus objectum lucidius interponitur. Et, ut paucis rationem denuo comprehendam, necesse est, ut Radii ex unaquavis parte pupillæ Colores producant, cum Radii ex adversa parte sistuntur, a quorum omnium mistura oritur temperamentum Albedinis. An isthæc vero phænomena vulgo observentur, haud scio.

Digitized by Google

ſcio. Sane, non ſunt inventu nec expertu tam difficilia, nec ab iis, quæ *Carteſius* ſub fine capitis undecimi de *Meteoris* edocuit, tam aliena, quin cuiquam potuiſſent occurrere; niſi forte, quod Colores illi propter tenuitatem vix ſint ſenſibiles. Experimentum itaque fiat per objecta longinqua, quorum alterum ſit nigerrimum, & alterum ſatis candidum ad feriendum ſenſum, ſed non tanta Luce reſplendens, ut ſenſum obtundat, vel pupillam conſtringat. Nam hujuſmodi effectus ſunt eo magis manifeſti, quo pupilla ſit latior, & majori apertura Radiis ingredientibus pateat.

Sunt & alii inſigniores effectus, Irides nempe, vel Coronæ, quales D. *Carteſius* circa candelam quondam obſervabat, & in *Meteoris* explicuit. Et, cum illæ ſoleant apparere, quando Oculi figura aliqua vi extrinſecus illata vitiatur; neceſſe eſt, ut a curvatura aliqua, vel plica, in tunicis ejus de novo formata, oriantur. Cryſtallino autem vis non imprimitur, niſi mediantibus humoribus, quibus undique cingitur; &, cum fluida facillime cedant preſſuris, humores illi vim quamlibet illatam ita per totam molem diffundent, ut cryſtallinum vix poſſint inæqualiter premere, neque ideo figuram ejus vitiare. Id enim experti ſunt, qui aquis alte ſubmerguntur; nam, etſi tota aquarum moles incumbat illis, preſſuram haud ſentiunt, quæ tamen foret maxime ſenſibilis, ſi corporum ſubmerſorum partes ita premerentur inæqualiter, ut figuras eorum violare conarentur. Reſtat ergo, ut ejuſmodi Coronarum, ſive Iridum generatio vitioſis configurationibus tunicæ corneæ illatis tribuatur; idque eo magis, quod Radii maximam Refractionem in exteriori ejus ſuperficie patiantur; & proinde, per leviora ejus vitia a recto tramite detorqueri poſſint. Utut non pernegem, quin iis, qui laborant Oculis, rugæ aliquæ, (propter humorum defectum, aut exceſſum,) in cryſtallini ſuperficiebus non minus, quam in tunica cornea poſſint efformari. Nec non aliæ etiam Colorum cauſæ poſſunt evenire; ſed cum earum infinita ſit varietas, & illæ ſint eminentiores, quæ a vitioſis tunicæ corneæ figuris petuntur, non gravabor earum aliquod ſpecimen exhibere, unde ceterarum cauſæ facile patebunt.

Notiſſimum eſt, quod mollium partes, non ſolum preſſioni cedunt, in quas vis immediate imprimitur, ſed & aliæ etiam partes remotæ, prout vim partium immediate preſſarum ſuſtinent. Et ipſe nonnunquam obſervavi in laminis convexo-concavis & ex materia mediocriter rigida confectis, (quales ex coriis bubulis in morem ſegmenti ſuperficiei ſphæricæ contundendo formari poſſunt,) quod, cum in meditullio, ſeu vertice, premuntur, non ſolum ibi cedunt tactui, ſed & undique, ad inſtar vallis annularem collem depreſſæ vertici circunductum comprehendentis, intus flectuntur, idque citius & magis manifeſto, ſi ſint paulo rigidiores juxta verticem, quam prope peripheriam, V. G. Sit $k n \kappa$ (*Fig.* 122. *Tab. XXVII.*) lamina ſphærice convexo-concava, quæ circulari ejus extremitati, tanquam baſi, incumbens, mole aliqua, plana & ad baſem ejus parallela, AB prematur, & manifeſtum erit, quod hæc lamina maxime cedet preſſioni in vertice n, ubi ab incumbente mole primo contingitur. Sed in aliis etiam locis, ut in λ & l, poſſit etiam intus recedere, dum in locis intermediis, ut m & μ, partes aſſurgunt. Atque hac ratione configurationem acquiret haud diſſimilem aquæ undulanti, puteolo n referente centrum undarum, & ripa m, μ, referente undarum primam valle λ, l, circundatam. Et ad eundem modum poſſibile eſt, ut tres, vel plures valles premendo deſcendant, quarum culmina internata ſint pluribus undis ſe invicem ſubſequentibus conſimilia. Et hujuſmodi configurationes, ceſſante preſſione, poſſunt aliquandiu conſervari, gradatim tamen evaneſcentes. Nam, ut primum preſſio ceſſat, cavitas in n ceſſabit forte, & partes ibi in convexitatem aſſurgent, & gradatim fient plus pluſque convexæ, donec redeat figura, quam ante preſſionem habuere; & ſic ceterarum partium figuræ ad priſtinum ſtatum gradatim redibunt. Jam, cum tunica cornea ad modum præfatum convexo-concava ſit, & mediocriter rigida, & circa medietatem ejus paulo craſſior, & proinde rigidior, quam juxta peripheriam; &, ſiquando figura ejus ab externa preſſione vitietur, probabile ſit illam preſſionem circa medi-

Digitized by Google

tullium ejus maxima ex parte contingere ; itaque potest aliquando forsan accidere, quod, cum premitur, non solum in apice cedat pressioni, sed quod in pluribus etiam circulis apici concentricis parum ascendat, & alternis vicibus descendat. Et hujusmodi rugæ concentricæ possunt etiam ex defectu humorum, quo tunicæ flaccescunt, nec non ex aliis forte causis accidere, & quantumvis exiguæ sint, possunt tamen Radios ad alias atque alias partes retinæ refringere, & sic efficere, ut alii atque alii Colorum circuli appareant. Sed, ut videamus, quo pacto ex hujusmodi rugis Colores generari debent, ponamus Radios e longinquo manantes, sive parallelos, in superficiem $k\kappa$ (*Fig.* 123. *Tab. XXVII.*) ita, ut dictum est, intortam, & in ea refractos, sisti deinde ab alia opaca superficie EF. Et, cum hujus superficiei partes depressiores, Radios ad puncta remotiora congregent, quam partes ascendentes, sive magis acclives, ponamus, quod Radii circa meditullium ejus $m\,n\,\mu$, ubi maxime deprimitur, congregantur ad G; & quod a partibus l, & λ, maxima acclivitate surgentibus, congregantur ad I; & sic, quod a partibus k, & κ, ubi rursus deprimitur, congregantur ad H; & quod ab intermediis partibus congregantur ad intermedia puncta. Ductis ergo m G, & μ G; l I, & λ I; k H, & κ H, occurrentibus superficiei, seu obstaculo EF, in punctis r, & ρ; π, & p; R, & P; nec non axe GHI occurrente eidem EF in puncto o, ut & refringenti superficiei $k\kappa$ in puncto n, & posito quod ista EF interjaceat punctis H, & I; manifestum erit perpendenti Refractiones hujus $k\kappa$ in singulis ejus punctis a centro n successive ad extremitates k, vel κ, quod Radii, prout longius ab n versus m per refringentem superficiem trajiciuntur, incidant in obstaculum EF longius ab o versus r, adusque certum terminum, puta, dum ad Radium $m\,r$ deventum sit: deinde, quod, facto regressu, incidant propius ad o, & postea ad alteras ejus partes pergant, donec iterum fiat elongatio maxima, velut in p, cum deventum est ad Radium $l\,p$; tum denuo revertantur Radiorum occursus, idque continuo, prout ab l versus k procedit Refractio, donec tertio terminentur, quemadmodum in R, occursu Radii k R. Ad eundem modum Lux inter n, & κ, refracta terminabitur in punctis ρ, π, & P. Atque etiam, si plures essent rugæ, plures forent Lucis terminationes. Ceterum, de Luce per spatium $r\,\rho$ diffusa, cum causa, quod extra vagatur punctum o usque ad terminos r, & ρ, sit ejus parva Refractio prope m, & μ, sequitur, quod Radii minus refrangibiles, hoc est, rubriformes, debent magis extravagari, & proinde terminus Lucis r, vel ρ, debet Rubedine tingi; & sic, de Luce per spatium $\pi\,p$ diffusa, cum causa, quod extravagatur punctum o usque ad terminos p, & π, sit ejus nimia Refractio prope l, & λ, sequitur, quod Radii magis refrangibiles, hoc est, purpureum & cæruleum pingentes, debent longius deviare, & Colores eorum in exteriori parte termini p, & π, depingere; unde, in interiori ejusdem termini parte rubriformes Radii ad suos etiam Colores depingendos debent prævalere. Et simili ratione, Radii circa k, & κ, refracti, si sint rubriformes, tendent ad exteriorem partem termini R, & P; & ad interiorem, si sint cæruliformes. Et sic tres habebuntur Irides; RP, extra rubea, & intra cærulea; $p\,\pi$, extra cærulea, & intra rubea; $r\,\rho$, extra rubea, quæ etiam debet esse intra cærulea, nisi forte, quod Color ille a rubeo, propter parvitatem Refractionis in μ, & m, haud satis cernitur, ut fiat sensibilis, & propterea quod multum obscuratur a copia Lucis undique per $r\,o\,\rho$, locum imaginis lucidæ, quam cingunt Irides sparsæ. Harum vero Iridum formæ & relationes inter se possunt variis modis mutari, idque, non tantum e variis formis, quas superficies $k\kappa$ possit induere, sed etiam e variis distantiis inter hanc $k\kappa$, & obstaculum EF. Ut, si statuantur paulo magis distantes, quam designavi, circuli RP, & $\pi\,p$, possunt coincidere, & mutuos Colores delere, coeuntes in albicantem circulum. Sin magis adhuc distent, Iris $\pi\,p$ cadet extra Iridem RP. Quod si EF statuatur ad locum I, hæc Iris $\pi\,p$ evanescet; & potest etiam coincidere cum Iride $r\,\rho$, si EF paulo ultra, vel citra locum I statuatur. Jam vero horum omnium ad Oculum facilis est applicatio, posito quod obstaculum EF fundum ejus referat, & $k\kappa$ tunicam corneam ab externa

Digitized by Google

vi, aut interno aliquo vitio, perperam curvatam. Quinetiam, ex his non modo generalis causa harum Iridum declaratur, sed pro quibuslibet ejusmodi particularibus apparentiis causæ etiam particulares assignari posse videntur. Quemadmodum, si cui fax appareat unica tantum Iride cincta, cujus pars exterior rubet, interior vero, vel alba, vel forte nonnihil cærulea appareat; exinde concludi posse videtur, quod cornea circa medietatem ejus sit paulo depressior, quam solet esse sine aliqua ruga, qualem ad *l* λ descripsi. Efficit enim illa depressio, ut Radii ab eodem puncto objecti venientes ad puncta longe post retinam conveniant, & qui proinde in retina spatium aliquod, (quasi est *rop*,) occupabunt, cujus peripheria, (ut modo ostendi,) rubeo Colore ad exteriorem ejus partem tingetur, & albo, vel dilute cæruleo, ad interiorem. Et, quo major hujusmodi Iris appareat, eo magis ad interiorem ejus partem debet cæruleo tingi. Potest etiam hujusmodi Iris, propter annularem rugam, accidere; modo tunicæ corneæ figura in meditullio non simul vitietur.

Quod si duæ Irides appareant, illud ex utraque causa conjuncta petendum est; cornea nempe, tum in medio, tum juxta peripheriam pupillæ, depressa. In hujus rei illustrationem adhibeamus casum, quem *Cartesius* de se ipso in *Meteoris* Cap. 9. ad hunc modum describit. Cum noctu, inquit, navigarem, & tota illa vespera caput cubito innisus, manu Oculum dextrum clausissem, altero interim versus Cœlum respiciens, candela, ubi eram, allata est, & tunc aperto utroque Oculo, duos circulos flammam coronantes aspexi, Colore tam acri, & florido, quam unquam in arcu cœlesti me vidisse memini. A B (*Fig.* 124. *Tab. XXVIII.*) est maximus, qui ruber erat in A, & cæruleus in B; C D minimus, qui etiam ruber in C, sed albus versus D, ubi ad flammam usque extendebatur. Oculo dextro postea iterum clauso, notavi has Coronas evanescere; & contra, illo operto & sinistro clauso, permanere. Unde, certo cognovi illas non aliunde oriri, quam ex nova conformatione, vel qualitate, quam dexter Oculus acquisiverat, dum ipsum ita clausum tenueram, & propter quam non modo maxima pars Radiorum, quos ex flamma admittebat, ipsius imaginem in O, ubi congregabantur, pingebant: sed etiam nonnulli ex iis ita detorquebantur, ut per totum spatium *r o* spargerentur, ubi pingebant Coronam C D, & nonnulli alii per totum spatium R P, ubi coronam A B etiam pingebant. Cum itaque *Cartesius* hæc viderit, postquam per totam vesperam cubito innixus erat; rugæ, quales explicui, potuerunt imprimi, unde necesse erat ejusmodi Coronas apparere; & quod tres Coronæ non apparebant, illa scilicet non apparente, cujus partem exteriorem cæruleam esse descripsi, & partem interiorem rubeam, id ex eo venire debuit, quod Radii in *l*, & λ, refracti, ex quibus hanc Coronam generari deberet, haud citius, quam ad retinam, convergebant, aut potius non tam cito. Non enim probabile videtur, quod tunicæ corneæ pars aliqua ab externa pressione possit fieri solito convexior; & nisi hoc eveniat, Radii illi non possunt citius, quam ad retinam, convenire. Illa vero tertia Corona non potest apparere, nisi citius, (ut ad I,) conveniant. Si longe ultra convergant, Coronam tunc quidem deberent efficere, sed cujus pars exterior rubesceret, & tunc tres Coronæ in exteriori eorum parte rubeæ conspicerentur. Sed in hisce videar nimius, præsertim, cum tanta causarum varietas, non solum a tunica cornea, sed humore cristallino, & aliunde etiam peti possit, ut haud sit difficile plures assignare, quæ eosdem quoslibet effectus diversis temporibus producant. Nescio tamen, an operæ pretium sit annotare causam Radiorum a lucidis corporibus, hinc inde, ad instar trabium, in longum protensarum, cum Oculis pene clausis aspicimus. Nempe humiditas, quæ, inter cilia & tunicam corneam versatur, secundum extremitates ciliorum parum assurgit. Sicut aqua vasi imposita altius assurgit, ubi a vase terminatur, quam alibi; quo pacto fit, ut aliqui Radii ab hac humiditate prius refringantur, quam attingant tunicam corneam, & sursum detorqueantur in confinio superioris cilii, ac deorsum in confinio inferioris.

Superest jam mirum illud cælestis arcus spectaculum, ad cujus explicatio-

Digitized by Google

nem * *Cartesius* viam stravit. Huic enim debetur, quod in guttis aquæ pluvialis decidentibus efformari cognoscimus. Quemadmodum ex eo constat, quod nunquam videtur, nisi Cœlo pluente; quod, Sole pluviam decidentem illustrante, in vicis nonnunquam apparuit, quasi non in Cœlo collocatus, sed in aere vicino, super oppositarum domuum parietibus affixus, vel potius interjectus; quod aqua per artificium aliquod sparsim ejaculata Iridem ostendit; & quod gramen rore matutino, quasi guttulis minutissimis, conspersum Colores etiam Iridis exhibet. Huic etiam debetur ingeniosissima de Refractionibus guttæ, & earum limitibus, inventio, sed causam physicam minus feliciter aggressus est. Hanc itaque ut intelligatis, concipite Radium AN (*Fig.* 125.*Tab. XXVIII.*) in globum NFG ad N incidere, & inde versus F refringi, ubi rursus, vel refringitur versus V, vel forte reflectitur ad G. Et, si posterius eveniat, tunc iterum in G, vel refringitur ad R, vel reflectitur ad H, & sic deinceps; ita ut, Radiis globum ingredientibus, aliqui, ut NFV, statim egrediantur, nullam Reflexionem passi; alii ut FGR, post unam Reflexionem; & alii, ut GHS, post duas; aliique post tres, vel etiam plures. Jam vero, cum guttæ pluviales respectu distantiæ ab Oculo Spectatoris, sint admodum exiguæ, ut physice pro punctis haberi possint, non opus est, ut earum magnitudines omnino consideremus, sed angulos tantum, quos, incidentes cum emergentibus Radiis, comprehendunt: nam, ubi anguli illi sunt maximi vel minimi, emergentes Radii sunt solito confertiores; &, quia diversis Radiorum generibus diversi competunt anguli maximi vel minimi, singula ad diversas plagas confertissime tendentia in iisdem prævalebunt ad Colores proprios exhibendos. Anguli itaque maximi vel minimi, quos singulorum generum emergentes Radii cum incidentibus possunt constituere, determinandi sunt, ut horum phænomenon rationes recte percipiamus.

Scilicet in Coroll. I. & II., Prop. XXXV., ostensum est emergentem Radium GR ad incidentem AN minime inclinari, cum sit 3 RR. II — RR:: CNq. NDq. Et I. 2 R:: ND. NE, posito nempe I ad R ut sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis; & ex hinc inventis ND, & NE, dabitur positione GR.

Sit, exempli gratia, pro Radiis maxime refrangibilibus, sinus Incidentiæ ad sinum Refractionis, sive I ad R, ut 185 ad 138, prout in aqua pluviali proxime comperi, & erit 57132. 15181.:: (3 RR. II — RR::) CNq. NDq; adeoque $DN = \sqrt{\frac{15181}{57132}} \times CN = \frac{5155}{10000} CN$. Unde, per tabulam sinuum, datur arcus NL 62 grad. 4 min. Præterea, cum sit I. 2 R:: ND. NE:: 185. 276:: $\frac{5155}{10000}$ CN. NE; erit $NE = \frac{7691}{10000} CN$. Et inde etiam, per tabulam sinuum, datur arcus NF 100 grad. 32. min. Subduc jam duplum arcus NF ex aggregato arcus NL & 180 grad., sive semicirculi, & restabit 41 grad. 0 min., pro inclinatione Radii RG ad Radium AN, sive pro angulo AXR; productis nempe AN

* *Nevvtonus* postea intellexit alios, ante *Cartesium* hujus phænomeni causam invenisse, ut verba ejus sequentia testantur.

Hodie convenit inter omnes, arcum istum Refractione Luminis solaris in guttulis pluviæ cadentis effici. Intellexerunt hoc etiam antiquorum nonnulli: inter recentiores autem plenius id invenit, uberiusque explicavit celeberrimus *Antonius de Dominis* Archiepiscopus Spalatensis, in libro suo de *Radiis visus & Lucis*, quem ante annos, amplius, viginti scriptum, in lucem tandem edidit amicus suus *Bartolus*, Venetiis anno 1611. In eo enim libro ostendit Vir celeberrimus, quemadmodum arcus interior, binis Refractionibus Radiorum Solis, singulisque Reflexionibus inter binas istas Refractiones intervenientibus, in rotundis pluviæ guttis effingatur; exterior autem arcus, binis Refractionibus, binisque itidem Reflexionibus interjectis, in similibus aquæ guttis efficiatur. Suamque is explicandi rationem experimentis comprobavit, in phiala aquæ plena, & globis vitreis aquæ plenis, in Sole collocatis; quo duorum arcuum istorum Colores, in illis se exhiberent contemplandos. Porro, eandem explicandi rationem persecutus est *Cartesius* in *Meteoris* suis; eamque, quæ est de arcu exteriori, insuper emendavit. *Nevvt. Opt. Lib.* I. *Part.* II. *Prop.* IX.

Digitized by Google

AN & NG donec in X conveniant. Et hic angulus eſt, ſub quo intimus, ſive cæruleus, limbus Iridis hujus apparere debet, ſive minima ejus ſemidiameter.

Ad eundem modum, pro Radiis minime refrangibilibus, poſito ſinu Incidentiæ ad ſinum Refractionis, ut 182 ad 138, uti dimenſus ſum, invenietur $ND = \frac{5028}{10000} CN$; & $NE = \frac{7533}{10000} \times CN$; indeque, per tabulam ſinuum, arcus NL erit, 60 grad. 22 min., & arcus NF, 98 grad. 38 min. Adeoque angulus AXR, 43 grad. 6 min., ſub quo extimus, ſive rubeus, hujus Iridis limbus apparebit. Itaque maxima ejus ſemidiameter eſt, 43 grad. 6. min. A qua ſi auferatur minima ſemidiameter, 41 grad. 0 min., emergit Iridis craſſities, 2 grad. 0 min., circiter, vel potius 2 grad. 37 min., addita diametro Solis, 37 min. Sed, cum Colores in extremitatibus ad utrumque limbum debiliores ſint, quam quo, propter nubium conterminarum ſplendorem, videri poſſunt, ſenſibilis ejus craſſities duos gradus vix excedet.

Haud ſecus determinantur exterioris Iridis dimenſiones. Nam oſtenſum eſt in Corol. I. & II., Prop. XXXVI., emergentem Radium HS ad incidentem AN maxime inclinari, cum ſit $8RR.II - RR :: NCq. NDq$; Et $I.3R :: ND. NE$. Quamobrem, pro Radiorum maxime refrangibilium ſinibus I, & R, ſubſtitutis numeris 185, & 138, ut ſupra, obtinebuntur $ND = \frac{3157}{10000} CN$, & $NE = \frac{7064}{10000} CN$; & inde, per tabulam ſinuum, arcus NL, 36 grad. 48 min., & arcus NF, 89 grad. 53 min. Atque adeo angulus AYS = 52 grad. 51 min., qui erit maxima ſemidiameter Iridis hujus. Et ſimiliter, pro Radiorum minime refrangibilium ſinibus I, & R, ſubſtituendo numeros ſupra poſitos 183, 138, emergent $ND = \frac{3079}{10000} CN$, & $NE = \frac{6965}{10000} CN$. Unde, per tabulam ſinuum, eliciuntur arcus NL, 35 grad. 52. min. & arcus NF, 88 grad. 18 min. Adeoque Angulus AYS erit, 49 grad. 2 min.; Iridis nempe minima ſemidiameter. Quamobrem, ſi a maxima ſemidiametro, 52 grad. 51 min., auferatur minima, 49 grad. 2 min., & reſiduo addatur diameter Solis, 31 min., emerget hujus Iridis craſſities, 4 grad. 20 min.. Sed, propter majorem hujus, quam interioris Iridis obſcuritatem, Colores vix ultra craſſitiem trium graduum, vel trium & ſemiſſis, videri poſſe conjicio.

Jam vero, ut harum Iridum rationes conſpectui diſtincte exhibeam, ſunto E, F, & G, *Fig.* 126. *Tab. XXVIII.* guttæ per aerem utcunque ſparſæ; SE, SF, SG, Radii ſolares parallele incidentes in guttas; EM, EN, & EO, Radii diverſe refrangibiles, e gutta E poſt unam Reflexionem emergentes; atque FN, FO, FP, & GO, GP, GQ conſimiles Radii emergentes e guttis F, ac G; nempe EO, FP, GQ, maxime refrangibiles, & EM, FN, GO, minime refrangibiles, &c. Jam, ſi Spectantis Oculus ad O conſiſtat, ex hypotheſi manifeſtum eſt, quod, e Radiis, quos gutta E poſt unam Reflexionem emittit, ſoli maxime refrangibiles, ſeu cæruliformes, quales EO, impingant in Oculum, reliquis, ut in EN, & EM, propter minorem Refractionem præterlabentibus. Et proinde cæruleus Color ad E conſpicietur. E Radiis autem, quos gutta G poſt unam Reflexionem emittit, maxime refrangibiles, quales GQ, præteribunt Oculum; propterea quod Radio EO paralleli ſunt; & alterius generis Radii, puta, minime refrangibiles, ſeu rubriformes, quales GO, in eum impingent; unde Rubor apparebit in G; & ſimili diſcurſu, gutta F in medio inter E ac G poſita, Radios mediocriter refrangibiles, ut FO, in Oculum immittet, reliquis, ut FN, FP, utrinque præterlabentibus: indeque Viriditas cernetur ad F. Eadem eſt ratio guttarum omnium ad eaſdem cum his guttis apparentes diſtantias, ab axe OR, qui per Solem & Oculum tranſit, poſitarum; & proinde ad diſtantias illas Colores undique apparebunt, hoc eſt, arcus variegatus, cujus interior limbus cæruleo, exterior rubro, & mediæ partes mediis Coloribus tingantur, exiſtente angulo OGQ, ſive GOE, hoc eſt, latitudine arcus, duorum circiter graduum,

Digitized by Google

juxta ea, quæ jam ante oſtendi; eſtque ſimilis diſcurſus de arcu exteriori, niſi quod ordo Colorum, propter contrariam Radiorum inflexionem, contrarius evadat. Guttæ autem, quæ extra hos arcus ex una parte ſitæ ſunt, Radios omnino nullos, poſt unam, vel duas Reflexiones, duaſque Refractiones, in Oculum immittent; ex altera autem parte omnigenos permiſtos, eoſque fere inſenſibiles, & proinde nulla hujuſmodi phænomena exhibere poſſunt, ſed Cœlum in illis locis Colore ſolito apparebit.

Præter phænomena Colorum, de quibus egimus, ſunt adhuc alia haud pauca, (præſertim circa Colores pertenuium lamellarum pellucidarum, quales ſunt bullarum aquoſi orbes, & aer inter vitra duo compreſſus, multarumque rerum cuticolæ pertenues,) quorum cauſa & menſura abſque ratiociniis mathematicis vix poſſunt accurate determinari: ſed in hiſce videor nimius fuiſſe, & proinde jam ad partes Matheſeos magis abſtractas me convertere decrevi.

LECTIONUM OPTICARUM FINIS.

641729



A P-

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Tav. II.

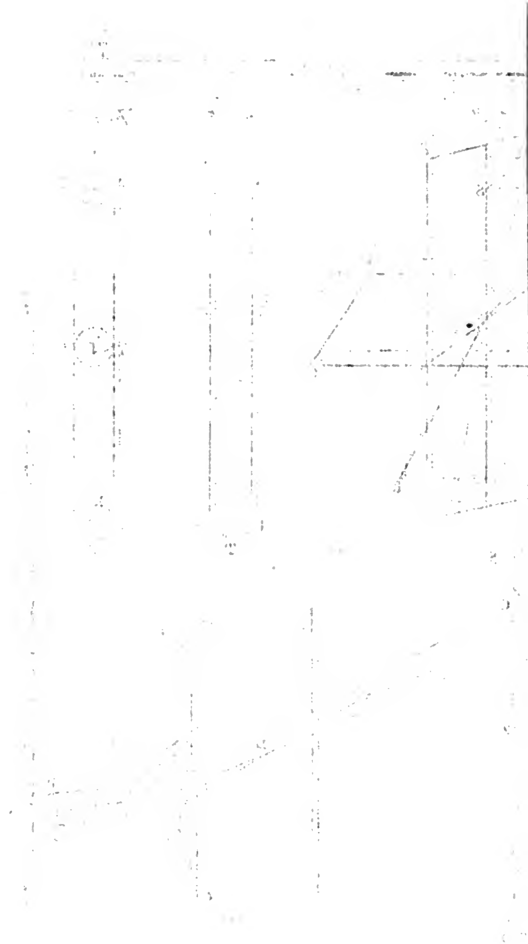
ig. 6.





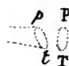


Digitized by Google

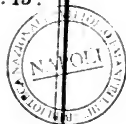


Digitized by Google

Tav. III.









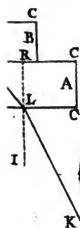
'ig. 15.

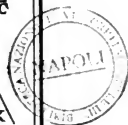
Digitized by Google

Digitized by Google



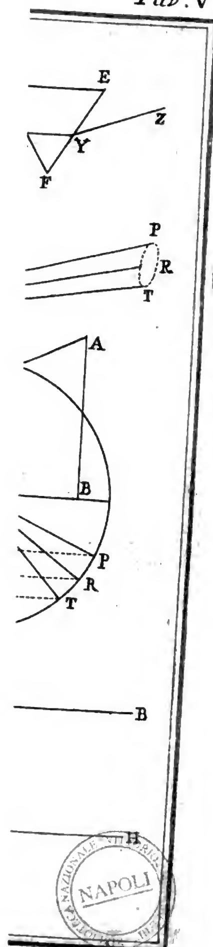
18.




NAPOLI

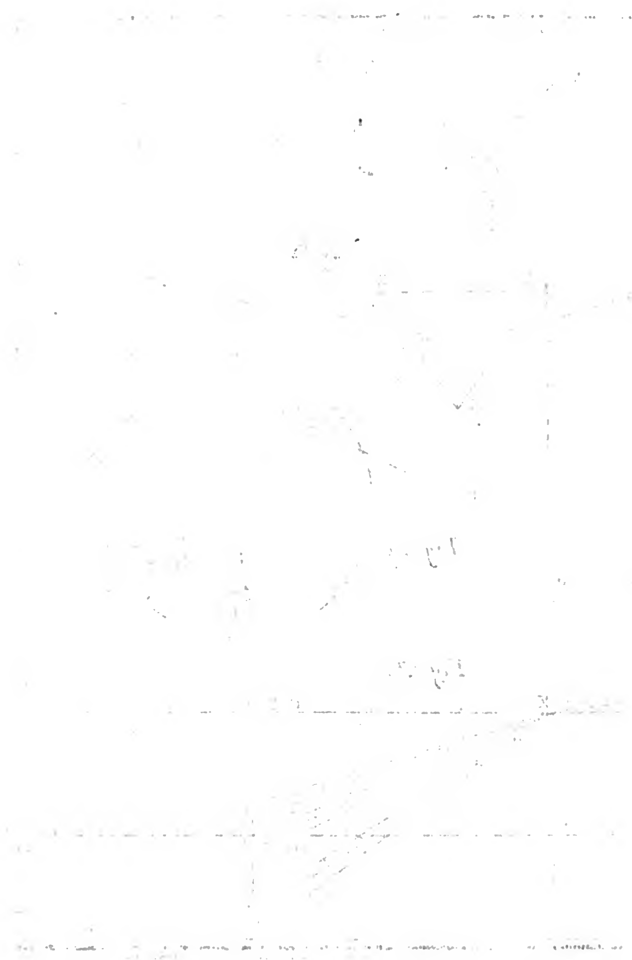
Digitized by Google

Digitized by Google



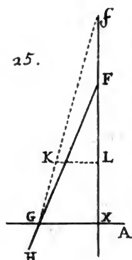
BIBLIOTECA NAZIONALE CENTRALE NAPOLI

Digitized by Google



Digitized by Google

25.





F



Digitized by Google



Digitized by Google

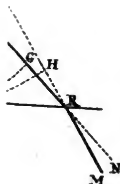
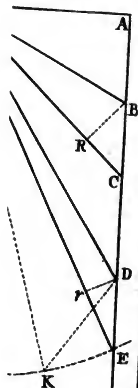


Fig. 32.

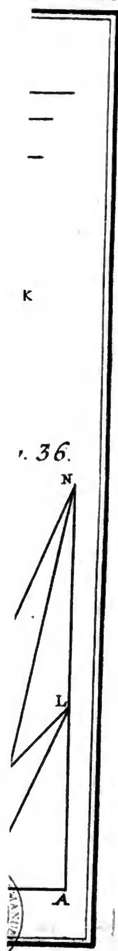


t


BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III · NAPOLI

Digitized by Google

Digitized by Google

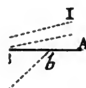


Digitized by Google

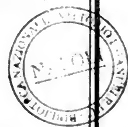
Digitized by Google



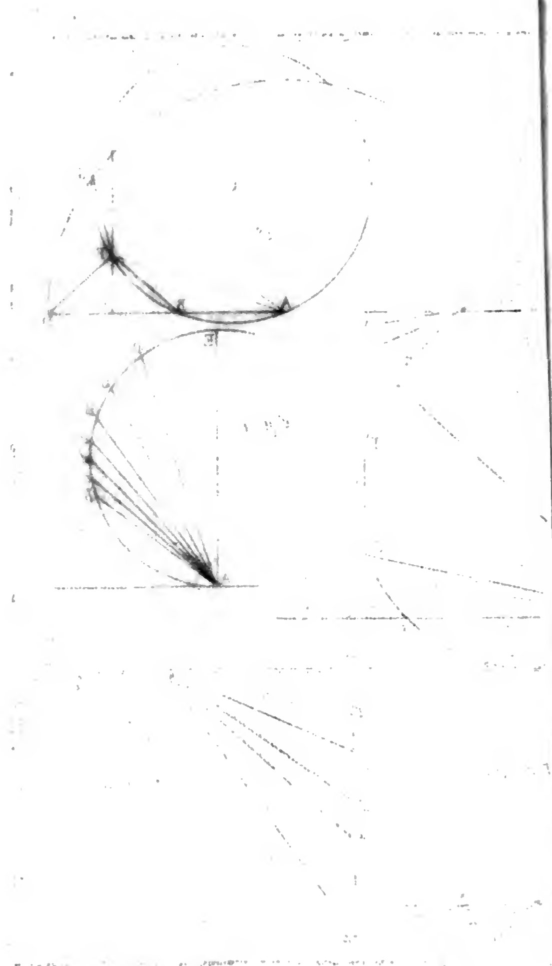




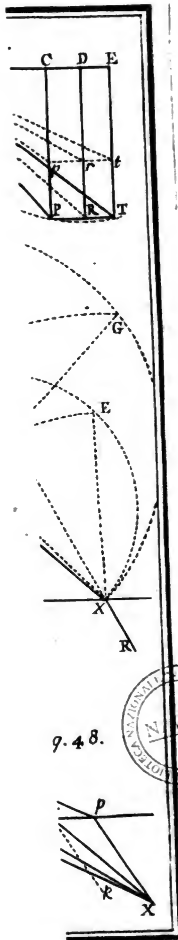
42.


BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III NAPOLI

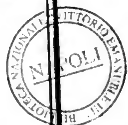
Digitized by Google



Digitized by Google



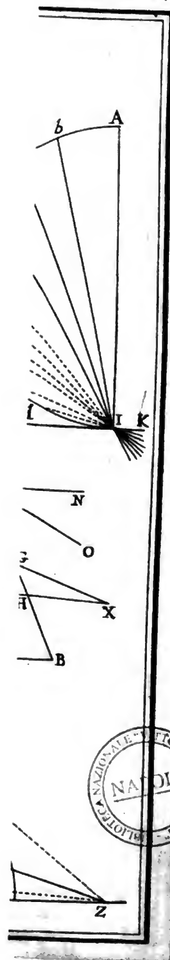
g. 48.



BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III NAPOLI

Digitized by Google

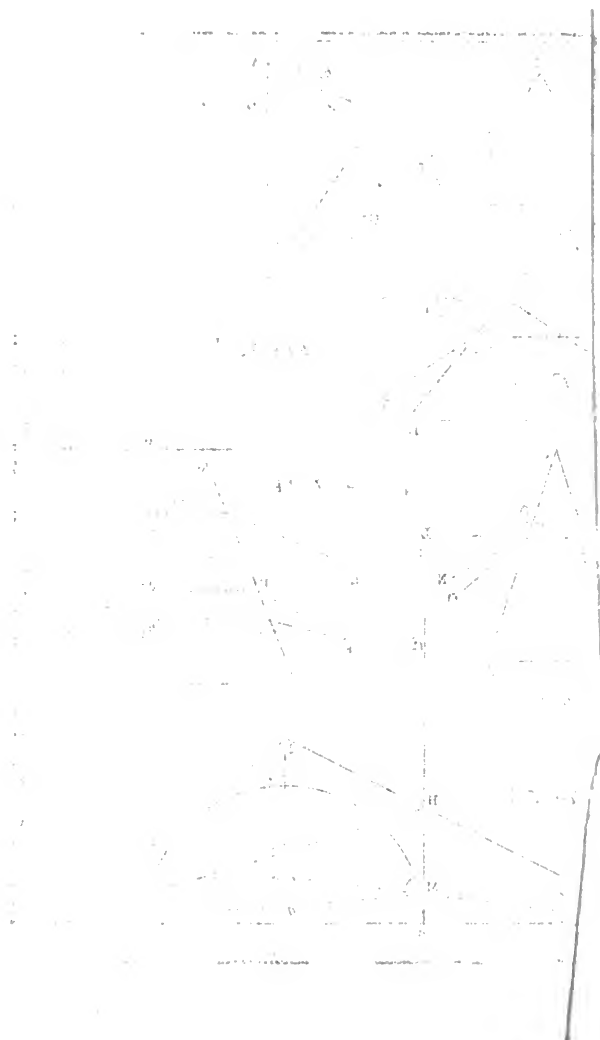
Digitized by Google



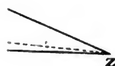


BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI

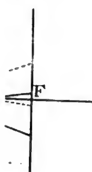
Digitized by Google



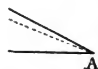
Digitized by Google



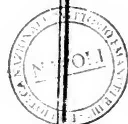
ig. 57.



ig. 59.



. 60.





Digitized by Google

Digitized by Google

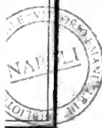
Z

B

C

K

f



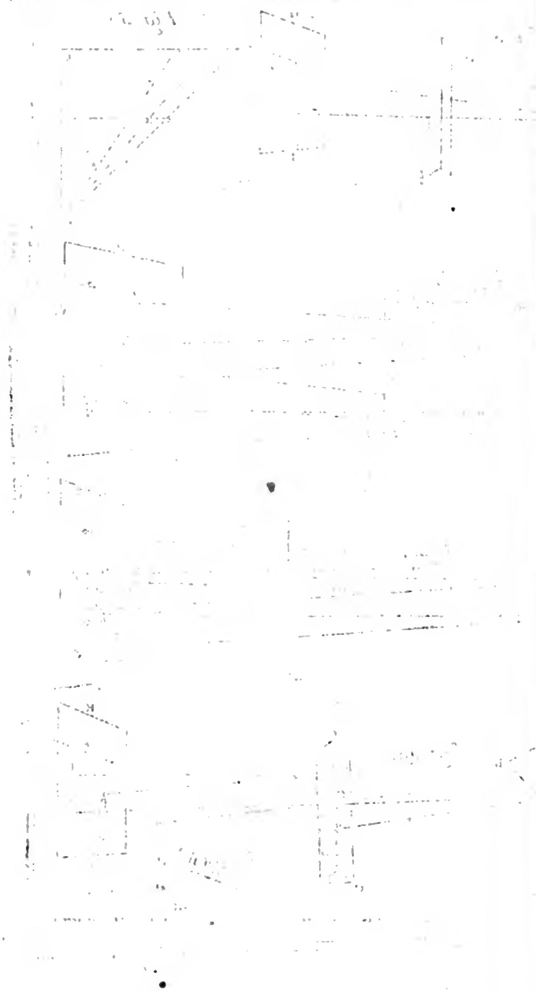
Digitized by Google

Digitized by Google

:v . XIV.

'6.

Digitized by Google

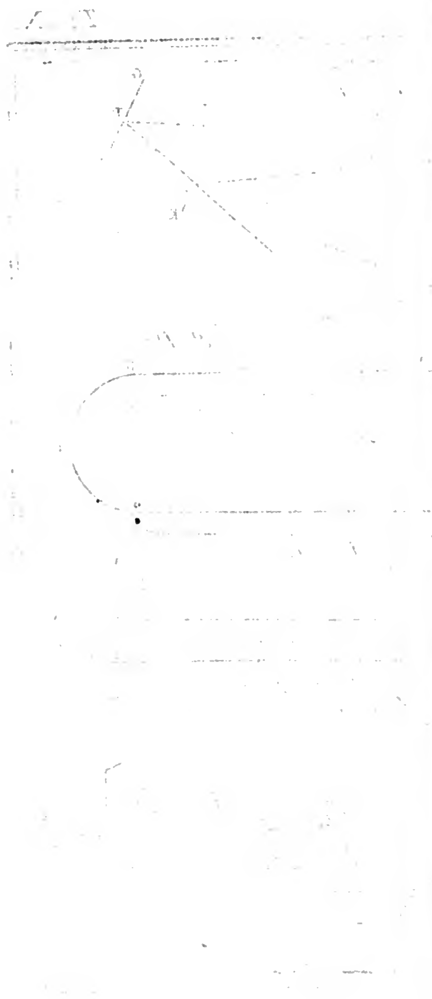


Digitized by Google

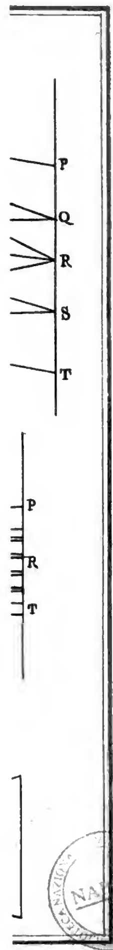
XV.



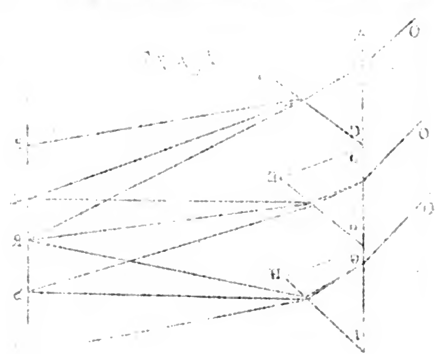
Digitized by Google

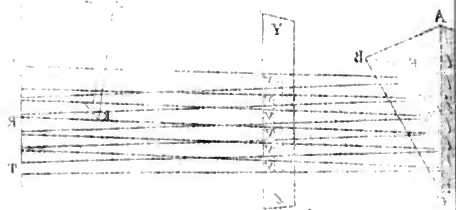


Digitized by Google

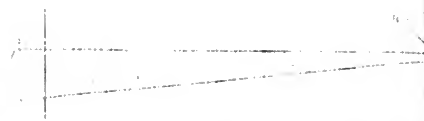


Digitized by Google

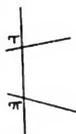
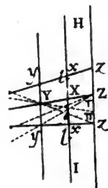


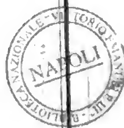


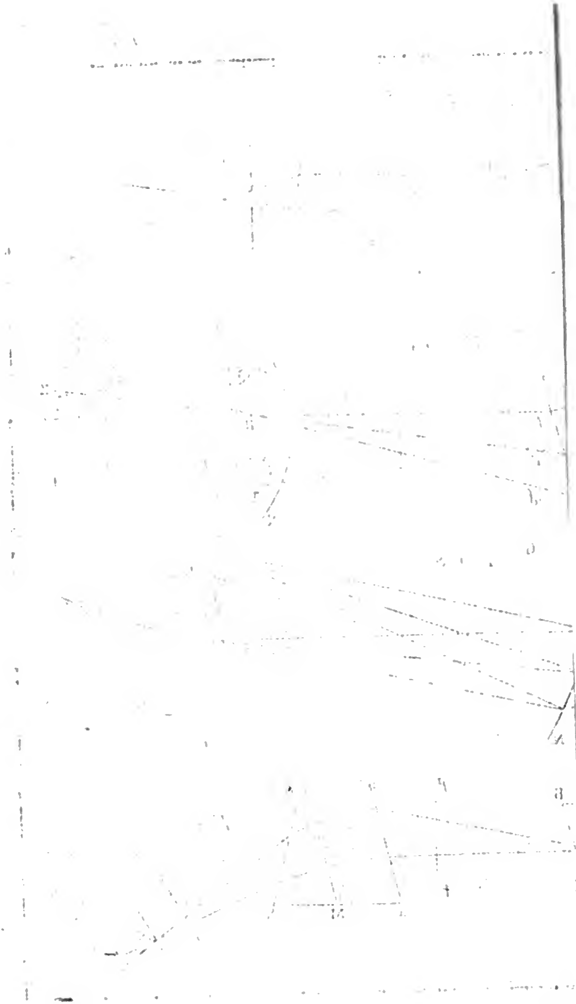




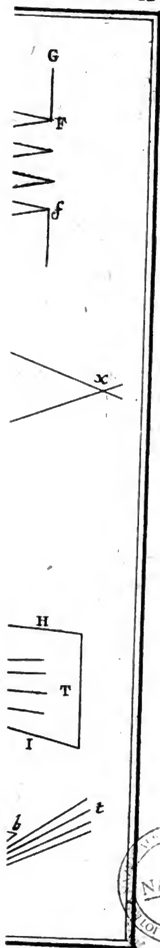
Digitized by Google

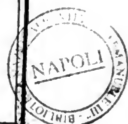




BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI

Digitized by Google





Digitized by Google

Digitized by Google

Tav. XIX.

p

t

b

t

E

O

F

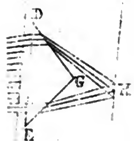
G

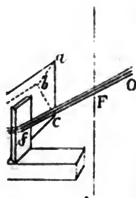


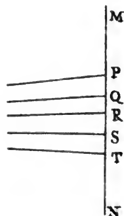
R

Digitized by Google

Digitized by Google



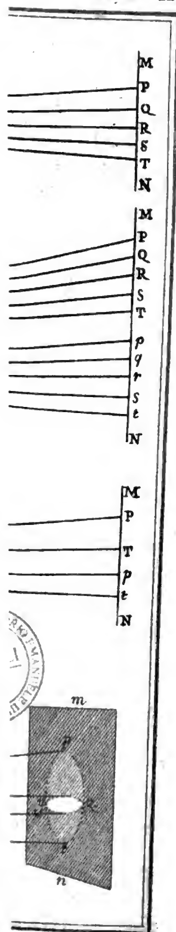




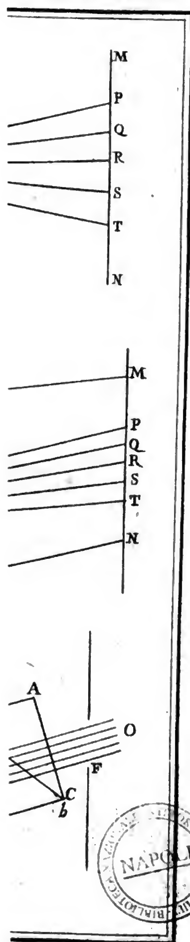
Digitized by Google

Digitized by Google

Tab. XXI.



Digitized by Google



BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III NAPOLI

Digitized by Google







Digitized by Google





Digitized by Google



Digitized by Google

XXIV.

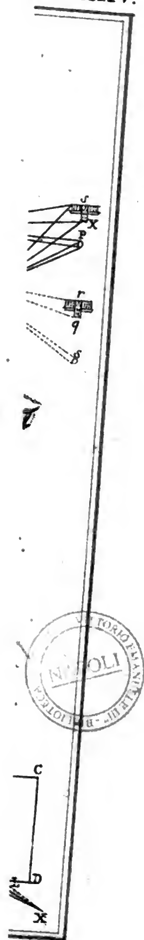
t

P
T
T

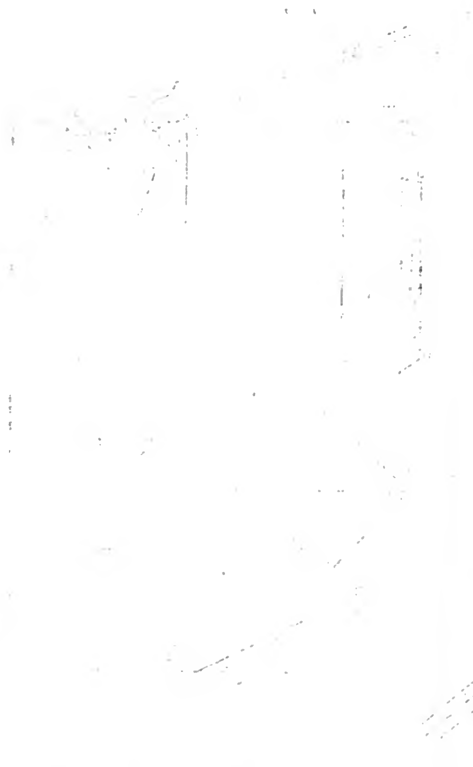
M
m

Digitized by Google

Tab. XXV.


NAPOLI

Digitized by Google



Digitized by Google

X

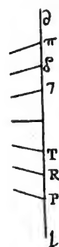
M

B

Digitized by Google



Digitized by Google



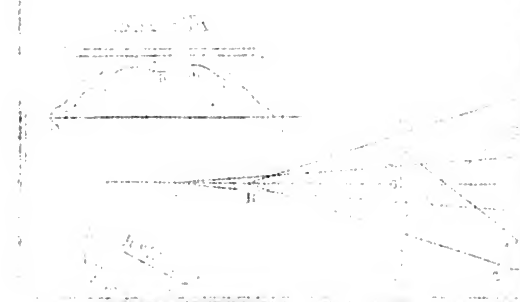




Digitized by Google

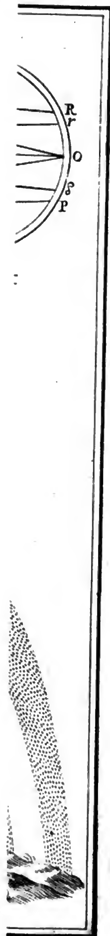






Digitized by Google

XXVIII.



Digitized by Google

Digitized by Google

APPENDIX
CONTINENS
ISAACI NEWTONI,
EQUITIS AURATI,
SCRIPTA
AD LUCEM ET COLORES PERTINENTIA
INSERTA
TRANSACTIONIBUS PHILOSOPHICIS REGIÆ SOCIETATIS LONDINENSIS.

Sub Numeris 80. 81. 82. 83. 84. 85. 88. *96. 97.* 110. 121. 128.

Digitized by Google

Digitized by Google

64730

ARTICULUS I.

ISAACI NEWTONI

Mathematum Professoris in Universitate Cantabrigiensi

EPISTOLA

Continens novam ejus theoriam

DE LUCE ET COLORIBUS

Ab Auctore ad Editorem data Cantabrigiæ *A. D. sextum Februarii Anno* 16$\frac{71}{72}$, *ut cum Regia Societate communicaretur*.

Transf. Phil. 19. Mens. Febr. An. 16$\frac{71}{72}$. Num. 80. pag. 3075.

DOMINE

Xsoluturus quæ tibi promiseram, omissis omnibus verbis mere officiosis, simpliciter dicam, quod ineunte Anno 1666, (quo tempore operam dabam conficiendis opticis vitris figurarum a sphærica diversarum,) mihi vitreum Prisma triangulare paravi, eo notissima phænomena Colorum experturus. Cum idcirco Cubiculum meum obscurum reddidissem, parvoque foramine ligneam fenestram pertusissem, quo satis Lucis a Sole venientis intrare posset, illam ingredientem Prismate excepi, quo refracta fuit in parietem oppositum. Et primo quidem me non parva volupate affecerunt vividi & intensi Colores ita prodeuntes; paulo post vero, cum eos majori cura & attentione considerarem, in oblongam figuram diductos miratus sum; siquidem putabam fore, ut, juxta receptas Refractionum Leges, in circularem sese contraherent. Utrinque rectis lineis terminabantur, sed difficile fuisset, ob Lucem gradatim evanescentem, extremitatum figuram accurate definire, quæ tamen visa est semicircularis.

Colorati hujus *Spectri* longitudinem cum latitudine collatam, quinquies, præterpropter, hac majorem inveni; quæ tanta inæqualitas maximam mihi cupiditatem injecit requirendi unde-nam oriretur. Quamquam credere vix poteram varias Vitrorum crassitudines, aut Lucis, & umbræ vel obscuritatis fines tantum in Lucem posse, ut quid tale efficerent; tamen non extra rem putavi circumstantias istas primum ad examen revocare, & sic perspicere, quid accideret cum Lux transmitteretur per inæqualiter crassas Vitri partes, aut per fenestræ foramina plus vel minus lata, aut per prisma extra fenestram positum ita, ut Lux per illud transmearet, Refractionem patiens antequam a foramine coarctaretur: sed harum rerum nullam alicujus momenti comperi; semper enim eadem fuit Colorum figura.

Tunc suspicatus sum Colores ita dilatari, quod Vitrum esset inæquale, aut quavis alia ratione fortuito vitiosum. Experturus an id verum esset, sumpsi aliud Prisma primo simile, quod ita statui, ut Lux per utrumque transiens, refringi posset ad contrarias partes, & hoc pacto a secundo redigi in viam, a qua primum illam detorserat: Sic enim futurum existimabam, ut, quæ primum Prisma secundum naturæ leges effecerat, a secundo Prismate destruerentur, augescerent autem ob plures Refractiones, quæ contra has leges accidissent. Exitus vero fuit, quod Lux,

Digitized by Google

quæ a primo Prismate in oblongum spatium diffusa fuerat, a secundo in orbiculare coercita fuit accuratius, quam si per neutrum transmeasset. * Igitur, quæcunque demum sit hujus longitudinis caussa, ea certe non est fortuita quædam anomalia.

Cœpi igitur diligentius ac subtilius rimari, quid efficere posset diversa Incidentia Radiorum a diversis Solis partibus promanantium; qua de caussa metitus sum lineas, & angulos ad Imaginem spectantes. Ea a foramine vel Prismate distabat viginti duobus pedibus; maxima ejus longitudo erat tredecim pollicum cum quadrante; latitudo autem pollicum duorum cum quinque octantibus; & foraminis diameter trium linearum, seu quartæ pollicis partis; at angulus, quem Radii mediam Imaginem versus tendentes conficiebant cum lineis, quas percurrissent nisi refracti fuissent, erat graduum quadraginta quatuor & minutorum quinquaginta sex; Verticalis autem angulus Prismatis erat sexaginta trium graduum, & duodecim minutorum. Refractiones, quæ ex utroque Prismatis latere accidebant, id est, quas Radii, tum incidentes, tum emergentes patiebantur, erant, quam potui accuratissime, æquales, & ideo graduum quinquaginta quatuor cum quatuor minutis, circiter. Radii vero ad rectos angulos in parietem incidebant. Jam, subducta foraminis diametro ex Imaginis longitudine & latitudine, superest Imago longa tredecim pollicibus, & lata duobus cum tribus octantibus; quæ latitudo concludebatur Radiis per foraminis centrum transeuntibus; & idcirco angulus foraminis, quem hæc latitudo subtendebat, erat minuti unius supra triginta, respondens diametro Solis; sed angulus, quem subtendebat Imaginis latitudo, major erat, quam hujus diametri quintuplum, utpote duorum graduum cum quadraginta novem minutis.

His observationibus factis, primum ex illis collegi vim refractivam vitri, quam, dimensus per Sinuum rationem, inveni ut 20 ad 31; ac, deinde, ex hac ratione computavi Refractiones duorum Radiorum profluentium ab oppositis *Disci* solaris partibus, quorum Obliquitates, vel Incidentias, differre posui triginta minutis cum uno; & comperi, quod Radii emergentes comprehendere debebant angulum unius minuti supra triginta, ut ante quam fierent incidentes.

Sed, cum hæc supputatio inniteretur hac hypothesi, quod eandem proportionem servent sinus Incidentiæ & Refractionis; & cum ne mea quidem experimenta me inducere possent, ut eam hypothesim adeo a vero alienam crederem, ut angulum, qui re ipsa erat duorum graduum, & quadraginta novem minutorum, contraheret ad minuta triginta & unum; mihi temperare non potui, quin rursus Prisma sumerem; quo, ut prius, fenestræ admoto, observavi, quod, licet illud circa axem suum aliquantisper ultra citraque converterem ita, ut ejus obliquitates ad Lucem differrent plusquam Angulo quatuor vel quinque graduum, attamen Colores, situm in pariete, (quod quidem sensibus percipi posset,) non mutabant; unde conficitur, quod Incidentiæ mutatio nullam inducit in Refractionis quantitate mutationem, quæ sub sensibus cadat. Igitur hoc experimento, æque ac superiori supputatione mihi liquebat, quod diversitas angulorum, sub quibus incidunt Radii a diversis Solis partibus ejaculati, efficere non potest, ut, postquam sese decussaverunt, divergant sub angulo, qui sensibus major videatur illo, sub quo convergebant; cum vero hic, ut plurimum, sit triginta & unius, aut triginta & duorum minutorum, circiter, eruenda adhuc restat aliqua alia caussa, qua crescere possit ad gradus duos cum quadraginta novem minutis.

Quapropter dubitare cœpi, an non Radii, postquam Prisma transmeaverunt, per curvas lineas ferrentur, &, pro majore aut minore illarum curvitate, ad diversas parietis partes tenderent. Quæ suspicio ex eo confirmabatur, quod memineram me sæpius animadvertisse in Sphæristeriis, nempe quod pila obliquo reticulo impulsa curvam lineam describit. Cum enim impulsu isto pila circumrotari simul & progredi cogatur, ejus partes, quæ ibi sunt, ubi motus ambo conspirant, aerem contiguum comprimere, & percutere majori violentia debent, quam ceteræ, & hoc pacto

* **Hujus experimenti explicationem vide infra.**

Digitized by Google

pacto proportionaliter majorem aeris reluctantiam & reactionem excitare. Eadem ratione, si Lucis Radii forte essent corpora orbicularia, quæ, dum ex medio in aliud transeunt, motum circularem acquirerent, iis magis resistere deberet Æther ambiens, ubi motus conspirant, & illa idcirco contrarias partes versus sine intermissione deflecti. Sed, quamquam hæc suspicio plausibili isto fundamento nitebatur, nullam curvitatem, rem ad trutinam revocans, deprehendi. Quinimo perspexi, (quod proposito meo satis erat,) differentias inter Imaginis longitudinem & foraminis diametrum per quod Lux transmittebatur, esse intervallis, quibus foramen & Imago distabant, proportionales.

Successiva suspicionum istarum remotio me tandem adduxit ad *Experimentum Crucis*, quod hujuscemodi fuit. Sumpsi duos asseres, quorum alterum collocavi statim post Prisma ad fenestram, ita ut Lux trasmitti posset per parvum foramen in eo factum ob id ipsum, & cadere super alterum asserem a primo duodecim, circiter, pedes dissitum, quem quoque parvo foramine antea pertuderam, ut aliqua Lucis incidentis pars transiret. Deinde post secundum hunc asserem posui aliud Prisma, ita ut Lux per ambos transjecta, per secundum Prisma quoque transigeretur, & hoc pacto iterum refringeretur, antequam ad parietem perveniret. Hisce sic dispositis, primum Prisma manibus sumpsi, illudque lente hinc illinc super Axem suum convertere cœpi, donec variæ Spectri in secundum asserem cadentis partes una post aliam transirent per ejus foramen; quo sic mihi observare liceret in quas demum parietis plagas Prisma secundum illas refringeret. Cum autem diversæ Spectri partes diversa in pariete loca occuparent, hinc perspexi, quod Lux tendens ad illam Imaginis extremitatem, versus quam fiebat primi Prismatis Refractio, multo majorem, quam Lux oppositam extremitatem petens, a secundo Prismate Refractionem acceperat.

Unde patet veram Imaginis sic exporrectæ caussam hanc unam esse, quod, scilicet, *Lux constat ex Radiis, quorum alii aliis magis refrangibiles sunt*; qui nulla Incidentiæ ratione habita, pro *peculiaribus Refrangibilitatis gradibus*, ad diversas oppositi parietis partes transmittuntur.

Postquam hoc intellexi, circa vitra laborare destiti; noveram enim Telescopia perfectiora hucusque haberi non potuisse, non solum quia deerant vitra reipsa prædita figuris, quas Optici Auctores præscripserant, (quod omnes hactenus crediderant,) sed etiam quia *Lux* ipsa est mistura quædam heterogenea composita *ex Radiis diverse refrangibilibus*; ita ut, quamvis haberetur vitrum adeo diligenter figuratum, ut unumquodque Radiorum genus in unum idemque punctum colligeret, attamen nunquam in illud idem punctum cogere posset etiam eos, qui, cum in, idem medium sub eadem Incidentia cadant, apti sunt ad diversam Refrangibilitatem patiendam. Quinimo, mirabar, cum differentia Refrangibilitatum tanta sit quantam inveni, Telescopia illa, qua gaudent, perfectione donari potuisse: Nam, dimetiens Refractiones unius ex meis Prismatibus, reperi, quod, posito sinu Incidentiæ super aliquod ex ejus planis quadraginta quatuor partium, sinus Refractionis plurimorum ex Radiis rubeam Colorum extremitatem occupantibus, & ex vitro in aerem prodeuntibus, erat sexaginta octo partium; at sinus Refractionis plurimorum ex Radiis alteram extremitatem obtinentibus, sexaginta novem partium; ita ut discrimen sit, circiter, viginti quatuor vel viginti quinque partium totius Refractionis. Qua de caussa vitrum objectivum cujusvis Telescopii Radios omnes ab aliquo objecti puncto promanantes coarctare magis nequit, quam in spatium circulare, cujus diameter est quinquagesima pars diametri, qua vitrum ipsum patet; quæ aberratio aliquoties centupla est ejus, quam Lens sphærica, quæ, ut vitra objectiva longorum Telescopiorum, est exiguum suæ Sphæræ segmentum, gignere posset ineptitudine figuræ, si Lux esset uniformis.

Hæc me duxerunt ad Reflexiones considerandas, quas cum sibi constare reperivissem, ita ut in omnibus Radiorum generibus esset Angulus Reflexionis par angulo Incidentiæ, intellexi, quod, earum ope, instrumenta optica poterant ad quemlibet

libet perfectionis gradum extolli; dummodo reperire liceret Substantiam reflectentem, quæ accuratam polituram, æque ac vitrum, reciperet, & tantum Lucis reflecteret, quantum transmittit vitrum; ac dummodo consequi liceret rationem illius parabolica figura donandæ. Sed hæ difficultates maximæ videbantur; & fere insuperabiles illas putabam; cum præterea in mentem venit, quod quivis error, superficiem refringentem deformans, Radios a recto itinere magis detorquet quinquies aut sexies, quam similis error in superficie refringente: Quapropter major cura adhibenda est in his, quam in refringentibus vitris efformandis.

Interea, superveniens pestilentia me Cantabrigia exire coegit *Anno* 1666, & plusquam duo Anni elapsi sunt antequam ulterius progressus sum. Cum autem tunc excogitassem mollem quandam poliendi rationem Metallis aptam, qua tandem credidi me figuras correctas habiturum; aggressus sum tentare quidnam in hac re confici posset, & gradatim perfeci instrumentum, (quoad partes constituentes simile illi, quod *Londinum* misi,) quo videre poteram quatuor *Jovis* Satellites, illosque ostendi pluries duobus Amicis. Poteram quoque observare lunares *Veneris* Phases, sed non satis distincte, neque sine aliqua cura instrumento collocando.

Ex eo tempore interpellatus fui, donec proxime elapso Autumno, instrumentum aliud confeci. Quod quia est non parum melius primo (præsertim pro objectis diurnæ Luci expositis,) nullus dubito, quin instrumentum hoc multo perfectius reddi possit conatibus eorum, qui, ut ex te audivi, operam illi *Londini* navant.

Sæpius cogitavi de construendo Microscopio, quod pro vitro objectivo haberet laminam ex Metallo reflectentem. Etenim hæc instrumenta ad majorem perfectionem, quam nunc habent, adduci posse videntur æque ac Telescopia, & fortasse magis; siquidem Microscopia opus habent una Metalli lamina reflectente, ut videri potest in Diagrammate, (*Fig.* 1. *Tab. I.*) in quo AB est Objectivum ex Metallo; CD vitrum Oculare; F communis amborum Focus; O Focus alter Objectivi ex Metallo conflati, ubi Objectum est locatum.

Sed, ut e diverticulo in viam, dicebam quod Lucis partes similes non sunt aut homogeneæ, sed quod Lux constat ex diversi generis Radiis, quorum aliqui magis refrangibiles sunt quam alii; ita ut ex iis, qui similiter incidunt in idem medium, nonnulli magis quam ceteri refringantur, non aliqua facultate vitri, sive cujusvis externæ caussæ, sed prævia quadam aptitudine, qua Radii singuli comparati sunt ad patiendum certum Refractionis gradum.

Nunc loquuturus sum de alia, & quidem notabiliore *dissimilitudine*, qua Radii præditi sunt, & qua Colorum origo explicatur, & quasi evolvitur; Ad quod peragendum, primo doctrinam ipsam tradam: deinde, ut ea ad trutinam revocari possit, unum aut alterum Experimentorum exemplum, tanquam ceterorum specimen, afferam.

Doctrinam Propositiones, quæ sequuntur, complectentur & illustrabunt.

I.

Ut Radii Lucis inter se Refrangibilitate discrepant, ita differunt insita quadam aptitudine ad exhibendum hunc vel illum certum Colorem. Colores non sunt Lucis qualificationes ortæ ex naturalium corporum Refractionibus, aut Reflexionibus, (ut vulgo creditur,) sed primigeniæ & congenitæ proprietates in diversis Radiis diversæ. Aliqui Radii tantum ad rubrum, alii solum ad flavum, alii dumtaxat ad viridem Colorem effingendum apti sunt; & sic de ceteris. Neque tantum præcipui & magis eminentes Colores, sed omnes medii eorum gradus habent proprios & sibi affectos Radios.

II.

Digitized by Google

II.

Idem Refrangibilitatis gradus ad eundem Colorem, & Color idem ad eundem Refrangibilitatis gradum semper pertinent. Radii minime omnium refrangibiles ad rubrum Colorem exhibendum natura comparati sunt omnes; &, e contra, Radii qui natura comparati sunt ad exhibendum Colorem rubrum, omnes sunt omnium minime refrangibiles: Non aliter, Radii maxime omnium refrangibiles apti sunt omnes ad exhibendum Colorem violaceum saturum; & vicissim, ii, qui apti sunt ad talem Colorem exhibendum, sunt omnes maxime omnium refrangibiles: Eodemque pacto, omnibus intermediis Coloribus continuam seriem constituentibus competunt intermedii Refrangibilitatis gradus. Hæc autem Analogia inter Colores & Refrangibilitates est perquam accurata & stricta; siquidem Radii semper in utraque, aut omnino conveniunt, aut proportionaliter discrepant.

III.

Species Coloris, & Refrangibilitatis gradus, pertinentes ad certum quodcunque Radiorum genus, mutari nequeunt neque Refractione, neque Reflexione ex naturalibus corporibus, neque alia quavis caussa, quam hactenus animadvertere potuerim. Quodlibet Radiorum genus, postquam probe ab heterogeneis Radiis separatum fuit, Colorem suum obstinatissime retinuit, quamvis totis viribus illum immutare conatus fuerim. Radios unius cujusvis generis Prismate refregi; in corpus, quod, sub Luce diurna, Colore diverso imbutum apparebat, ab eodem reflectendos conjeci; eos excepi colorata illa aeris, ut ita dicam, pellicula, quæ continetur inter duas vitreas laminas invicem junctas; illos per media, tum colorata, tum alterius generis Radiis picta diversimode terminavi; neque tamen novum Colorem ullum excudere ex illis potui. Ille quidem, dum contrahitur, aut dilatatur, fieri potest vividior, aut languidior, &, dum plures Radios amittit, nonnunquam multo obscurior, & tenebricosior; sed nunquam mihi contigit videre, quod genere mutaretur.

IV.

Verumtamen Colorum transmutationes videntur accidere, ubi aliqua est Radiorum generum diversorum permistio: Siquidem tunc Colores componentes non apparent; sed, admistione mutua, medium quendam Colorem constituunt. Ea de caussa, si, vel Refractione, vel quacunque alia ex supra recensitis rationibus, Radii diversorum generum, in hac admistione latentes segregantur, emergent Colores ab illis diversi, quibus compositio tingebatur: quos tamen non tunc gigni, sed tantum conspicuos disjunctione fieri vel hinc apparet, quod, si rursus intermisceantur prorsus, & confundantur, idem restituitur Color, qui, antequam separarentur, apparebat. Eadem de caussa commutationes, quæ ex variis Coloribus coeuntibus exoriuntur, veræ non sunt, quia, Radiis heterogeneis iterum disjunctis, ipsissimos exhibent Colores, quos ante permistionem habebant; non secus ac pulveres, cæruleum & flavum, diligenter commistos Oculo nudo videri conspicis virides; attamen Colores corpusculorum componentium immutati non sunt, sed solum confusi. Nam, si eos per melioris notæ Microscopium intuearis, adhuc cæruleum, & flavum, intersertos & permistos, videbis.

V.

Sunt igitur duo Colorum genera; alii nempe simplices sunt & primigenii; alii vero ex hisce compositi. Colores primigenii sunt *Ruber*, *Flavus*, *Viridis*, *Cæruleus*,

Digitized by Google

leus, & *Violaceo-Purpureus*, una cum *Aureo*, & *Indico*, atque indefinita varietate graduum intermediorum.

VI.

Colores ejusdem speciei ac primigenii, possunt etiam per compositionem obtineri. Nam cæruleus Flavo mistus viridem, rubeus & flavus aureum, aureus, & ex flavo virescens flavum effingunt. Uno verbo, si misceantur duo quivis Colores, qui, in eorum serie, quos Prisma detegit, nimis inter se non distant, mutua intermistione component eum Colorem, qui in indicata serie medium inter illos occupat locum. Quod tamen non accidit iis, qui nimiis intervallis disjunguntur. Neque enim Aureus & indicus intermedium viridem, neque puniceus ac viridis interjectum flavum progignunt.

VII.

Sed ratio, qua Albedo conficitur, est omnium maxime admiranda. Nullum est Radiorum genus, qui soli possint illam exhibere; Est semper composita, & ad eam componendam opus est omnibus primigeniis Coloribus certa proportione commistis. Sæpius admirabundus observavi, quod Colores omnes a Prismate detecti, cum convergentes redduntur, & hoc pacto rursus miscentur ita ut erant in Luce antequam in Prisma incideret, iterum exhibent Lucem prorsus & perfecte candidam, & nihil omnino, sensu judice, diversam a directa Luce solari; nisi, cum vitra, quibus utebar, satis perspicua non erant; tunc enim Lux ista paulisper videbatur perfusa Colore, quo vitra erant infecta.

VIII.

Hinc sequitur Albedinem esse vulgarem & communem Lucis Colorem: Lux etenim est confusum quoddam aggregatum ex Radiis omni Colorum genere præditis, & promiscue ejaculatis ex variis corporis lucidi partibus. Istud autem confusum aggregatum, ut dixi, gignit Albedinem, si tamen in eo est justa quædam Colorum componentium proportio; siquis vero Color prævaleat, ad hunc Lux vergit; ut accidit in cæruleo Sulphuris, flavo Candelarum, & diverso Stellarum fixarum lumine.

IX.

Hisce perspectis, patet qua ratione Colores Prismate excudantur. Cum enim ex Radiis Lucem incidentem conflantibus ii, qui Colore differunt, proportionaliter etiam Refrangibilitate differant, inæqualis illorum Refractio debet eos segregare, & in oblongam figuram diducere ordinata quadam serie terminata, hinc a coccineo minime omnium, illinc a violaceo omnium maxime refrangibili. Neque alia de caussa fit, ut omne id, quod per Prisma respicitur, coloratum appareat. Siquidem Radii heterogenei, utpote qui inæqualiter refringantur, diversas Retinæ partes petunt divergentes, ubi, (non secus ac antea Solis in pariete,) coloratas rerum imagines pingunt; ac non solum quidem coloratas, sed etiam male distinctas & valde confusas.

X.

Hinc etiam patet cur Iridis Colores in cadentibus pluviæ guttis appareant. Etenim guttæ Refractione detorquentes ad Spectatoris Oculos ingentem copiam Radiorum aptorum qui purpurei appareant, Radios aliorum generum adeo minus refrin-

Digitized by Google

fringunt, ut Spectantis Oculum prætereant; quod faciunt guttæ, quæ, in primaria quidem Iride, sunt ad interiores partes, in secundaria vero vel externa, ad exteriores. Haud aliter, guttæ ad Spectatoris Oculum refringentes maximam illorum Radiorum vim, qui apti sunt ut rubei videantur, adeo magis Radios ceterorum generum refringunt, ut præter Oculum cadant; tales sunt guttæ exteriores in primaria, & interiores in secundaria Iride.

XI.

Admiranda phænomena infusionis ligni nephritici, aureæ bracteæ, fragmentorum vitri colorati, nonnullorumque aliorum pellucide coloratorum corporum, quæ Colorem cum positione mutant, his fundamentis amplius Oedipo non egent. Sunt enim substantiæ aptæ ad reflectendum aliud Radiorum genus, & ad aliud transmittendum, ut perspicere licet, si in obscuro cubiculo illuminentur homogenea vel simplici Luce. Siquidem tunc depictæ apparent illo solo Colore, qui eas inluxerat: ille tamen in quadam positione vividior est & fulgentior quam in ceteris, prout substantiæ ipsæ aptæ sunt ad magis vel minus reflectendum, aut transmittendum Colorem incidentem.

XII.

Hinc etiam optime ratio redditur inopinati experimenti, quod *Hookius* alicubi in sua *Micrographia* se fecisse refert cum duobus pellucidis vasculis cuneiformibus, quorum alterum rubeo, alterum cæruleo liquore compleverat; videlicet, quod, quanquam unumquodque seorsum satis esset pellucidum, tamen, cum conjungebantur, opaca fiebant; nam, si alterum tantum rubeos, alterum tantum cæruleos Radios transmittebat, nulli utrunque transmeare poterant.

XIII.

Plura hujus generis exempla subjicere possem, sed hoc universale pro coronide referam. Quod scilicet Colores omnium naturalium corporum hinc solum originem trahunt, quod hæc corpora sint diversimode constituta, ita ut unum Radiorum genus copiosius quam aliud reflectant. Cujus rei periculum feci in obscuro cubiculo, super hæc corpora conjiciens Radios simplices, at Coloribus diversos. Etenim hoc pacto quodvis corpus quovis Colore donari potest. Tunc non habent Colorem proprium, sed semper illum adoptant, quo Lux superinjecta prædita est, hoc tamen cum discrimine, quod maxime fulgentia & vivida sunt in Radiis ejus Coloris, quem sub diurna Luce referunt. Ibi Minium omnes Colores quibus illuminabatur indiscriminatim assumebat, magis tamen in rubeo renidebat. Pariter, pulvis cæruleus montanus Colores omnes, pro lubitu, induebat, quibus irradiabatur; at sub violaceo-cæruleo erat fulgentissimus: unde constat Minium reflectere Radios cujusvis Coloris, sed abundantius rubros; quapropter, cum a diurnis Radiis, id est, ab omnigenis mistis & confusis illustratur, major rubrorum copia erit in Luce reflexa, &, quia prævalent, ob id ipsum, rubro Colore tinctum Minium ostendent. Et eadem ratione, pulvis cæruleus montanus, reflectens maximam Radiorum cæruleorum copiam, cæruleus videtur, quod horum Radiorum numerus in Luce, quam reflectit, aliorum quantitatem longe superat; ac similia dicenda sunt de ceteris corporibus. Hanc autem esse perfectam & adæquatam caussam Colorum, quos corpora præ se ferunt, vel ex eo constat, quod ea mutare aut adulterare Colores Radiis seorsum incidentibus inditos nullo pacto valent, sed omnes illos, quibus irradiantur, indiscriminatim induunt.

Quæ cum ita sint, amplius non disputabitur, utrum Colores in tenebris existant; utrum visorum objectorum Qualitates sint; neque forsitan, utrum Lux sit corpus.

Digitized by Google

Etenim, cum Colores sint Qualitates Lucis, eorumque plenum & immediatum subjectum sint Radii Lucis, quomodo Radios ipsos qualitates esse putare possumus? Nisi forte Qualitas Qualitatis subjectum esse potest, illamque sustinere; quod esset eam reipsa vocare Substantiam. Corpora pro Substantiis non haberentur sine sensibilibus eorum Qualitatibus; & harum præcipua cum nunc reperiatur pertinere ad aliquid aliud, hoc ipsum sane non immerito Substantiam credere possumus.

Præterea, quis unquam putavit Qualitatem esse aggregatum heterogeneum, quale Lux esse comperta est? Sed difficilius est accuratius determinare, quid sit Lux; quomodo refringatur; & quibus Modis, aut Actionibus in Mentibus nostris Colorum phantasmata progignat: Ego vero incerta certis miscere nolo.

Legens quæ scripseram, animadverti quod oratio ipsa ducit ad nonnulla experimenta, quæ ad hujus rei examen sufficiunt: Quapropter, descripto uno ex his, quæ jam innui, tibi amplius molestus non ero.

Obscurato cubiculo, lignea fenestra terebretur foramine, cujus diameter bene potest esse trientis pollicis, circiter, ut sufficientem Lucis solaris copiam admittat; huic foramini aptetur Prisma perspicuum, & Colorum expers, quo Lux ingrediens remotiorem cubiculi partem versus refringatur, quæ, ut dictum est, hoc pacto in oblongam & coloratam imaginem diffundetur. Deinde Lens, cujus Radius sit, circiter, trium pedum, (puta, latum tripedalis Telescopii vitrum objectivum,) collocetur ad quartum aut quintum a Prismate pedem, per quam omnes Colores illi simul transmitti possint, & ab ea refracti convenire ad majus intervallum decem, vel duodecim pedum, circiter. Si ad hoc intervallum alba papyro Lucem illam excipias, videbis Colores, eo quod commisti sunt, rursus in Albedinem conversos. Sed Prisma & Lens firmissime posita sint, necesse est, & papyrus, in quam Colores incidunt, ita moveatur, ut ad Prisma nunc accedat, nunc ab eo recedat; nam, hac motione, non solum invenies intervallum, ubi perfectissima est Albedo; sed etiam observabis Colores gradatim coire, & in Albedinem evanescere; ac deinde, postquam sese decussaverunt ubi Albedinem componunt, iterum segregari & divergere, & ordine inverso eosdem apparere, ac antequam coalescerent. Perspicies etiam, quod siquem Colorem a Lente prohibeas, Albedo migrat in alios Colores. Quocirca, ut Albedinis compositio perfecta sit, sedulo curandum est ut Colores omnes in Lentem incidant. Sic in lineari hujus experimenti adumbratione, (*Fig.* 2. *Tab. I.*) A B C repræsentant Prisma prope foramen F ligneæ fenestræ E G. Prismatis angulus verticalis A C B non male erit sexaginta graduum, circiter. Sit N M Lens lata pollicibus duobus cum semisse, vel tribus. S F una ex rectis lineis, per quas heterogenei Radii jugiter e Sole fluere concipiuntur. Sint F P, F R duo ex his Radiis inæqualiter refracti, qui, vi Lentis, convergunt Q versus, &, postquam se decussaverunt, rursum divergunt. Atque H I sit papyrus ad plura a Lente intervalla, super quam projiciuntur Radii colorati, qui in Q quidem Albedinem constituunt, sed sunt rubei, & flavi in R, r, & ρ, ac cærulei, purpureique in P, p, & π.

Si quis ad severius examen revocare velit id; quod in Propositionibus tertia, & decima tertia asserui, quod scilicet Color quivis simplex nullo pacto mutari potest, sciat omnino opus esse, ut cubiculum sit perquam obscurum, ne qua Lux per illud dispersa, sese Colori immiscens, illum, contra tentantis vota, disturbet, componat, corrumpat. Neque minus necesse est ut Colores perfectius separentur, quam fieri potest ratione superius descripta, scilicet unius Prismatis Refractione; quomodo autem obtineri possint accuratiores hæ separationes, facile perspiciet is, qui jam detectas Refractionum leges considerabit. Sed, si periculum fiat in Coloribus non omnino simplicibus, immistioni concedendæ sunt mutationes proportionales. Sic, si Radii flavi non simplices cadant super cæruleum pulverem montanum, illum non omnino flavum, sed potius viridem ostendent; quia in flavo composito multi sunt Radii viridiformes, &, cum Viriditas minus a vulgari hujus cærulei pulveris Colore differat quam Flavedo, Radii viridiformes copiosius ab illo reflectentur.

Haud

Digitized by Google

Haud secus, siquis ad examen revocaturus utrum, ut affirmavi, Colores prismatici intercepti nullo pacto reparari possint ex aliis prætermissis, aliquem ex his Coloribus, puta, rubeum intercipiat; necesse est ut, vel Colores probe segregati sint antequam rubeus intercipiatur; vel simul cum rubeo excludantur proximi Colores, quibus clam rubeus immistus est, (id est flavus, atque etiam fortasse viridis;) vel ratio habeatur rubei, qui prodire potest ex flavo-viridi, quatenus diffusus erat, & passim hisce Coloribus immistus; His vero diligenter observatis, invenietur, quod neque rubeus, neque alius quicunque Color interceptus reparari potest. Hæc, arbitror, sufficiunt pro introductione ad hujus generis experimenta, quæ si quis e Regia Societate prosequi volet, quo successu id fecerit scire peropto; ut, si quid vitiosum, aut huic narrationi contrarium videatur, occasionem habeam aut accuratius indicandi quid circa hanc rem faciendum sit, aut errores, si in aliquos incidi, cognoscendi.

ARTIC. II.

Descriptio novi cata-dioptrici Telescopii inventi

AB ISAACO NEVVTONO

Regiæ Societatis Socio, & Mathematum Professore in Universitate Cantabrigiensi.

Transf. Phil. 25. Mens. Martii An. 1672. Num. 81. pag. 4004.

EXimius hic Mathematicus, cum nobis tradiderit in Transactionibus Mensis Februarii nuper præteriti rationem, qua inductus fuerat, ut de Telescopii *reflectentibus* cogitaret, pro *refringentibus*, nobis obtulit hoc opus conspectu & notatu dignum, tanquam specimen utilitatum, quæ sperari possunt ex his Telescopiis; ex illo autem patet, quod Telescopiorum Tubi multo breviores reddi possunt, nullatenus diminuta augendi facultate.

Novum hoc instrumentum constat ex duobus e Metallo Speculis, altero concavo, (quod vitri objectivi munere fungitur) altero plano: habet præterea exiguam Lentem ocularem plano-convexam.

Hujus constructio facile, ope *Figuræ tertiæ Tab. I.* potest concipi; nempe quod Telescopii hujus tubus apertus est ad eam extremitatem, quæ ad objecta convertitur; quod altera extremitas clausa est, ubi locatum est Speculum concavum, de quo supra meminimus; quod prope extremitatem apertam est Speculum planum ovale, quam potest, exiguum, quo minus impediat ingredientes Lucis Radios; & quod idem Speculum inclinatum est superiorem Tubi partem versus, quæ parvo terebrata est foramine munito Lente oculari; ita ut Radii a re perspicienda prodeuntes prius incidant in Speculum concavum in imo Tubo positum, unde reflectuntur alteram Tubi extremitatem versus, ubi intercipiuntur a plano Speculo oblique collocato, a quo reflexi diriguntur ad exiguam Lentem ocularem plano-convexam, atque adeo ad Spectatoris Oculum, qui deorsum versus intuens, ea videt, ad quæ Telescopium conversum est.

Ut hæc plenius & melius intelligantur, Lector inspiciat, si libet, Figuram supra citatam, in qua A B est concavum Speculum, cujus radius, aut semidiameter est pollicum duodecim cum besse, vel tredecim.

Digitized by Google

CD aliud Speculum metallicum, cujus superficies plana est, peripheria vero ovalis.

GD est filum ferreum, quod solide retinet annulum cupreum, & cui affixum est Speculum CD.

F parva Lens ocularis, plana superius, & convexa inferius, cujus Radius est uncialis ($\frac{1}{12}$ Poll.,) vel etiam minor.

GGG pars anterior Tubi aperti, qui ita hæret annulo cupreo H I, ut moveri nequeat.

PQKL est posterior tubi pars fixa alteri annulo cupreo PQ.

O uncus ferreus firmiter aptatus annulo PQ, & cochlea N instructus, qua posterior Tubi pars procedere, vel retrocedere potest, ut hac ratione Specula justo intervallo ab invicem distent.

MQGI est uncus ferreus tubum sustinens, & clavo R affixus globo tubuloque S, quo Tubus quoquo versus converti potest.

Centrum Speculi plani CD debet esse in axe Tubi, & in illo quidem puncto, in quo cadit perpendicularis ad axem ducta a centro exigui vitri ocularis: hoc autem punctum hic designatum est litera T.

Si quis intelligere volet, quam distincta Telescopium hoc repræsentet objecta, quam a Coloribus immunia, & quanto hiatu Lucem admittat, invicem conferat intervalla, quibus Focus E distat a verticibus exigui vitri objectivi, & Speculi concavi; scilicet EF longa est pollicis sextante; & ETU sex pollicibus cum triente; unde eruitur ratio ut 1 ad 38: Hinc liquet quod objecta, circiter, triginta & octo vicibus majora fiunt, & quod eorum diameter videtur per hoc Telescopium duabus vicibus cum semisse major quam per vulgare Telescopium bipedale.

Hactenus de hujus Telescopii constructione; Materiam quoque metallicam aptam ad hæc reflectentia Specula conficienda Inventor in considerationem accepit, & hoc præcavendum præscripsit, ne, dum quæritur metallica mistura alba, firma, & durabilis, negligatur copia tenuissimorum pororum Microscopio tantum visibilium, quibus hæc mistura plena esse potest: Nam, quamvis Metallum probe politum videri possit, tamen tenuium pororum oræ citius, dum politur, terentur, quam aliæ ejus partes; & ea de caussa Metallum, quantumvis politum videatur, tamen Reflexionem minus accuratam, quam erat in votis, conficiet. Sic Bismuthum mistum cum vulgari ære campano, æs illud reddit candidius aptumque ad majorem Lucis vim reflectendam; attamen fumi, qui, dum funditur, extolluntur tanquam aereæ bullulæ, Metallum microscopicis istis poris totum complent: Album autem Arsenicum, utramque rem simul præstat, siquidem Metallo candorem affert, nec soliditatem aufert, porosque non inducit, præsertim, si fusura nimis violenta non fuerit. Monuit etiam Stellatum-Regulum Martis (quo aliquoties usus est) seu potius aliquam similem substantiam merere accuratum examen.

Addidit præterea, quod Pulvis e Stamno usto, sive quis huic similis, quo Metallum politur, illud, nisi subtilissimus sit, arat acutis particularum suarum angulis, & complet tenuioribus illis poris, de quibus meminimus. Quapropter, antequam judicium feratur, sedulo dispiciendum est utrum Metallum per totam crassitiem suam porosum sit, necne.

Cum, ut ait, Arsenicum & Metallum diversis proportionibus non miscuerit, determinare nequit quænam mistura sit omnium optima, sed arbitratur bene adhiberi posse Cupri quantitatem pondere sextuplam aut octuplam quantitate Arsenici, cujus major copia Metallum fragile reddit.

En rationem, qua id perfecit. Primo Cuprum seorsum liquefecit, deinde addidit Arsenicum, quo liquefacto, hæc duo paulisper agitavit ut commiscerentur, cavens interea ne perniciosos vapores hauriret spirituum prope misturam ducens. Postea Stamnum immisit, & rursus omnia miscuit simul ac Stamnum liquatum fuerat, (quod brevissimo tempore accidit,) & statim mistionem effudit.

Se nescire fatetur, utrum, mistione diutius super ignem relicta post injectum

Stamnum,

Digitized by Google

Stamnum, vehementior fusura poris Metallum complere possit; sed hanc, (qua usus est,) agendi rationem tutiorem opinatur.

Adjicit Speculum illud, quod *Londinum* miserat, Arsenico carere, sed exiguam Argenti quantitatem continere, nempe, (quantum meminisse poterat) *chellinum* unum inter tres Metalli uncias. Sibi tamen videri Argentum plus obesse, eo quod Metallum magis molle reddat & minus aptum polituræ suscipiendæ, quam prodesse, eo quod candidum nitidumque efficiat.

Aliquando miscuit unam Arsenici unciam cum sex unciis Cupri, & duabus Stamni; quæ mistura ab Amico, ut audivit, melius quam alia polita fuit.

Objectum fuerat, quod difficile est hisce Telescopiis res, quas quis intueri cupit, reperire; respondet, incommodum istud commune esse Tubis omnibus valde res augentibus; illud tamen modico usu diminui, siquidem ipse facile invenire potest sub diurna Luce, quidquid videndum sibi proponit, dummodo nosset quem obtinebant situm relate ad alia, quæ fortuito in Telescopio suo videbat; sed, noctu Stellas invenire fatetur esse difficilius: tamen putat hoc incommodum facile submoveri posse duabus dioptris affixis ferreæ virgę, qua Tubus sustinetur, sive vulgari Speculo hærente ferreæ compagi Tubum ferenti, & directæ idem Objectum versus, juxta descriptionem, quam *Cartesius* attulit in sua *Dioptrica*, ut levaretur idem incommodum, quod in melioribus ejus Telescopiis occurrebat.

Hactenus Inventoris epistola de hoc instrumento, cujus descriptionem cum misissemus *Cristiano Hugenio Zulichemio*, ex eo hoc responsum accepimus literis datis A. D. 13 Februarii An. 1670. *st. n.*

ARTIC. III.

Telescopium hoc probatur a Christiano Hugenio Zulichemio.

Transf. Phil. Mens. Mart. An. 1672. Num. 81. pag. 4008.

Ex descriptione admirandi Telescopii a *Nevvtono* inventi, quam mihi misisti, video illum recte observavisse commoda, quibus Speculum concavum superat in colligendis Radiis parallelis Lentem convexam; quæ quidem commoda, juxta rationem quam ipse subduxi, certe maxima sunt. Hinc fit, ut longe magis patulum haberi possit Speculum istud, quam Lens objectiva æquedistantem Focum habens, &, idcirco, ut hac ratione objecta multo majora reddi possint quam vulgatis Telescopiis. Præterea, hoc pacto vitatur vitium, quod semper inest vitris objectivis convexis, quod scilicet eorum duæ superficies alia ad aliam inclinatæ sunt; unde corrumpitur Refractio Radiorum, qui transeunt per vitrorum latera; hoc autem damnum majus est, quam reputatur. Insuper metallicum Speculum mera Reflexione tot Radios non intercipit, quot vitrum, cujus singulæ superficies ingentem Radiorum copiam reflectunt, & cujus materia opaca plures de medio tollit.

Veruntamen opus & labor erit invenire ad Speculum conflandum materiam, quæ æque bene atque nitide perpoliri possit ac vitrum, & rationem dandæ hujus expolitionis figura sphærica non vitiata. Hucusque mihi non occurrerunt Specula, quæ propius a vitri politura abessent; &, nisi *Nevvtonus* jam novit meliora sibi parare, timeo ne Telescopium hoc res minus distinctas, quam Telescopia vitris instructa, repræsentet. Operæ tamen pretium est sedulo investigare quomodo huic incommodo subveniatur; & non dubito quin id assequi possimus. Credo equidem quod *Nevvtonus* non neglexit animadvertere utilitates, quibus Speculum parabolicum sphærico antecelleret in Telescopio sic constituto; sed eum puto, non sperare futurum ut, quantum opus est, accuratæ obtineantur superficies a sphærica diversæ. Ego sane

Digitized by Google

ne id non ſpero; quanquam facilius haberi poſſint ſuperficies parabolicæ, quam ellipticæ aut hyperpolicæ, ob quandam Conoidis parabolici proprietatem, quod nempe omnes ſectiones axi parallelæ eandem Parabolam reſtituunt.

Hactenus *Hugenii* epiſtola Hominis acumine digniſſima, ad cujus ultimam partem, quæ agit de formandis conoidibus parabolicis, reſpodit *Nevvtonus* literis ad Editorem datis A. D. viceſimum Februarii 1671. *ſt. v.*, quod, quanquam ipſe, non magis quam *Hugenius*, ſperet opus perfici poſſe regulis geometricis, tamen non dubitat quin aliquo pacto res mechanicis artificiis perficiatur.

Hiſce omnibus ſubdere libet excerptum epiſtolæ nuperrimę (A. D. undeviceſimum Menſis Martii) ab Inventore novi hujus Teleſcopii e Cantabrigia, hoc exemplo datæ.

ARTIC. IV.

Quædam ad idem inſtrumentum pertinentia conſcripta ab Iſaaco Nevvtono. Ibidem.

ULtima, quam ad te dedi, epiſtola locum tibi præbuit verendi ne vel inſtrumentum a me miſſum aliquo pacto vitiatum eſſet, vel Metalli nitor hebetatus; tuæ vero literæ mihi rem ſe ita habere prorſus perſuaſerunt: Nam, dum apud me erat, nonnullas Lunæ partes æque diſtinctas repræſentabat, ac vulgaria Teleſcopia, quæ res, quantum hoc, augent. Probe tamen ſcio hoc inſtrumentum imperfectum eſſe, & quatenus optima non eſt Metalli compoſitio, & quatenus mala eſt fuſura, ut cognoſcere potes tum ex aſperitate, quæ eſt circa Speculi meditullium qua politum eſt, tum ex figura ejus prope hanc aſperitatem; in quibus omnibus inſtrumentum hoc perfici poteſt.

Monere videris, quod ratio 38 ad 1 locum ſolum habet, cum res augendæ non niſi parum a Teleſcopio diſtant. Sed, ſi noſtrum hoc iſtam incrementi proportionem ſervat in exiguis intervallis, puta, quingentorum pedum; certe per Regulas opticas augebit objecta ſita ad intervalla, quæ maxima concipere licet, pluſquam in ratione $37\frac{1}{4}$ ad 1; quæ diminutio adeo parva eſt, ut ſumi poſſint integri numeri 38 ad 1.

Hic aliud iſtrumentum confecimus primo ſimile, quod optime ſucceſſit. Heri illud comparavi cum Teleſcopio ſex pedum, & comperi noſtrum tum magis augere, cum diſtinctius res oſtendere: Hodie perſpicio, quod illo perlegere poſſum Tranſactiones philoſophicas a me centum pedibus diſſitas, & nonnulla verba ad pedes centum cum viginti. Cum hæc tentavi, ejus hiatus (prope Oculum definitus) major erat quam qui æquipolleret Speculi objectivi trienti cum pollice. Quod non inutile erit iis, qui Reflexionibus operam dare volent; hinc etenim aliquatenus judicare poterunt de perfectione inſtrumentorum, quæ confecerint.

ART.

His omnino ſimilia perſcripſerat *Hugenius* ad Auctorem Diarii Eruditorum. Vide *Hugenii Opera Omnia* Edit. Lugduni Batavorum 1724. Tom. IV. pag. 757., & *Diar. Erud.* 29. Februarii An. 1672. pag. 26.

Digitized by Google

ARTIC. V.

De Cometa, qui visus fuit Anno $167\frac{1}{2}$, *hæc a* Nevvtono *relata habentur in Transactionibus Philosophicis.*

Transf. Phil. An. 1672. Mensf. Num. 81. pag. 4018.

ISaacus Nevvtonus circa diem decimum sextum Mensis Martii *st. vet.* vidit obscuram Stellam ad partem, quæ media est inter Meridiem, & Orientem *Persei*, quam nunc arbitratur fuisse Cometam hujus Anni. Erat valde parvus, & eum diutius non observavit, quia nullam sensibilem caudam habebat.

ARTIC. VI.

ISAACI NEVVTONI

Epistola ad Editorem data A. D. vicesimum sextum Mensis Martii An. 1672. continens nonnullas admonitiones ad novum suum Telescopium pertinentes, & Tabulam hiatuum ad diametrorum Lentium ocularium pro variis hujus instrumenti longitudinibus.

Transf. Phil. 22. Mensis Aprilis An. 1672. Num. 82. pag. 4032.

POst ultimam meam Epistolam iterum ambo Telescopia comparavi, & inveni quod Telescopium ex Metallo, tum Lunam, tum quæ propinquiora sunt, aliquanto magis, quam alterum, distincta repræsentat. Sed fatendum est, mihi non satis perspectum esse quam bonum sit istud alterum, quod ad comparationem hanc faciendam sum mutuatus; quapropter velim ut magis confidatur in alio experimento, quo scilicet Amici aliquot & ego perspeximus nos legere posse Transactiones a nobis centum, aut centum & viginti pedibus remotas; ut dimetiendo intervallum comperi. Tunc autem collegi aperturam esse unius pollicis cum triente ex experimentis, quæ me docuerunt, quod opus erat obstaculo istius latitudinis, ut removeretur tota Lux, quæ ab aliquo prospectæ rei puncto profluebat.

Fatear etiam, quod plana Lamella ex Metallo, quæ ponitur prope vitrum objectivum, perfecta figura predita non est; unde fit, ut rerum visarum meditullium minus distinctum appareat, quam extremitates. Spero autem futurum, ut, correcta hujus lamellæ figura, (quod quidem præter opinionem difficile mihi videtur,) ea, quæ per Telescopium hoc inspiciuntur ubique distincta, quinimo magis distincta in meditullio quam circa oras, repræsententur; & pro certo habeo effectus majores exorituros.

Sed comperio plus Lucis perire Metalli, quod hactenus adhibui, Reflexione, quam transmissione per vitra: quapropter breviores Lentis ocularis diametri longioribus præferendæ videntur pro objectis obscuris; posito quod Telescopium res augeat triginta quatuor, vel triginta duabus vicibus. Quæ vero fulgent ad quodvis intervallum posita, videntur hoc eodem Telescopio posse perspici majora triginta & octo, vel quadraginta vicibus, & quidem satis distincta. Tamen arbitror, quod eadem Lentium ocularium diameter adhiberi bene posset pro quibuscunque, si cha-

Digitized by Google

chalybea materies, qua Londinenses utuntur, fortius refringeret, quam illa, quam ipse usurpavi.

Cognitis effectibus unius ex hisce instrumentis cujusvis longitudinis, ex Tabula supposita perspicere licet, quid ex aliis similibus, sed longitudine diversis, expectandum sit, dummodo Ars præstare possit, quæ Theoria pollicetur. Prima Columna exhibet Telescopii longitudines per pedes dimensas, quæ duplicatæ dant semidiametros Sphæræ, cujus figura concavo Metallo tribui debet. Secunda Columna continet hiatuum rationes pro quaque longitudine. Tertia denique refert proportiones diametrorum, Sphærarum, quibus convexæ Lentium ocularium superficies sunt definiendæ.

Longitudines	Hiatus	Diametri
$\frac{1}{2}$	100	100
1	168	119
2	283	141
3	383	157
4	476	168
5	562	178
6	645	186
8	800	200
10	946	211
12	1084	221
16	1345	238
20	1591	251
24	1824	263

Usus hujus Tabulæ melius exemplo patebit: quocirca suppone Telescopium semipedale, cujus hiatus sit unius pollicis, tricies augere, & quidem distincte, objectum aliquod; & quæratur, quænam futura sit analoga constitutio, atque quinam effectus Telescopii quadripedalis: Habes ex Columna secunda, ut 100 ad 476, ita hiatus ad hiatum, ita etiam numerus ad numerum vicium, quibus hoc Telescopium auget. Quocirca, cum Telescopium semipedale habeat hiatum unius pollicis, & tricies majora ostendat objecta, Telescopium quatuor pedum habere per analogiam debebit hiatum pollicum $4\frac{76}{100}$, & augere 143 vicibus. Ex tertia vero Columna habes ut 100 ad 168, ita diametri Lentium ocularium: Atque adeo, quoniam diameter convexitatis vitri ocularis pro Telescopio semipedali longa est pollicis quincunce, pro Telescopio quatuor pedum ea esse debebit $\frac{168}{500}$ poll., hoc est, trientis pollicis, circiter; & sic de aliis longitudinibus. Quis autem eventus reipsa futurus sit, expectandum est ut ab experimentis determinetur. Hæc innuere tantum utile sum arbitratus, ut ii qui volent periculum facere quid valeant Telescopia aliarum longitudinum, facilius sciant quomodo instrumenta instituenda sint. Exemplo sit Telescopium quatuor pedum: quia ejus hiatus esse debet quinque vel sex pollicum, opus est lamina ex Metallo lata, saltem, septem vel octo pollicibus, quia circa extremitates difficile figuram necessariam induet. Metalli crassities ita latitudini sit accommodata, ut Metallum, dum teritur, non incurvetur. Eo perpolito, plures Lentes oculares tentandæ sunt, ut dignoscatur quænam diameter utilius adhiberi possit.

Digitized by Google

ARTIC. VII.

Excerptum ex altera Epistola eiusdem Nevvtoni *ad Editorem data A. D. tricesimum Mensis Martii An. 1672, qua respondetur ad aliquas Objectiones, quas acutus quidam Philosophus Gallus in novum Telescopium reflectens fecerat.*

Tranf. Phil. An. 1672. Menf. Apr. Num. 82. pag. 4034.

DOMINE

PErsuasum habeo ipsum M. A. fassurum Reflexionis commoda theoretice considerata esse maxima, cum sciet diversos Lucis Radios *diversa Refrangibilitate* præditos esse. Sed, quod pertinet ad praxin, instrumenta jam confecta aliquatenus patefaciunt quam vivide reflectens, & quam fulgens metallica substantia politione reddi possit. Neque a verisimili alienum est, quod invenire licet novas Metallorum expoliendorum rationes longe præcellentes hisce, quas nunc adhibemus. Cum vero Metallum semel probe politum habetur, diutius nitidum servabitur, dummodo ab humiditate & ab aere diligenter defendatur. Etenim Metallorum nitor præcipue videtur hebescere, eo quod humiditas super expolitam ejus superficiem densatur, illamque acidis quibusdam spiritibus, quibus athmosphæra tota fœta est, corrodit & æruginе inducit; vel, saltem, quod humiditas evanescens superficiem illam relinquit obductam tenui pellicula, quæ concrescit, partim ex terrestri humiditatis fæce, partim ex pulvere, qui per aerem circumvolitans, Metallo insidet atque adhæret.

Quando non est, cur sæpius hoc utaris instrumento, sunt aliæ rationes Metalli diutius præservandi; velut, fortasse, si illud vini spiritu vel alio non inepto liquore demersum serves. Si vero hebetatur ejus fulgor, restitui potest fricando Metallum molli corio, aut alia simili re, nullis adhibitis pulveribus excoriantibus, dummodo æruginem non contraxerit; tunc enim iterum expoliendum est.

Certo novi minus Lucis a Metallo reflecti, quam a vitro transmitti; & huic incommodo remedium allaturus, in ultima mea epistola dixi breviores diametros tribuendas esse Lentibus ocularibus pro hiatuum ratione, quam quas tribuere mos est in aliis Telescopiis. Veruntamen, cum invenerim aliquas metallicas substantias, quæ fortius reflectunt, melius poliuntur, & difficilius hebetantur, quam aliæ; spero futurum ut, lapsu temporis, aliæ detegantur magis ab his incommodis immunes, quam quæ hactenus usurpatæ fuerunt.

ARTIC. VIII.

ISAACI NEVVTONI

Observationes in partem Epistolæ scriptæ a Bercæo *& editæ in* octavo Gallico commentario *de* Catadioptrico Telescopio, *quod asseritur perfectius & absolutius redditum a* Cassegrainio.

Tranf. Phil. 20. Menf. Maji An. 1672. Num. 83. pag. 4056.

UT Lector melius judicare possit de hoc negotio, conferens inventum *Cassegrainii* cum invento *Nevvtoni*, necesse est ex Gallicis commentariis mutuare, quæ de ista re ibi habentur; sunt autem sequentia.

Digitized by Google

Tibi mitto (ſcribit *Bercæus* ad hujus ſcripti Editorem) exemplum literarum, quas *Caſſegrainius* ad me dedit, & in quibus agit de proportionibus Tubæ inventæ a *Samuele Morelando*. De *Nevvtonii* Teleſcopio, res prorſus inopina viſa eſt, & tum me, tum illum qui Tubæ proportiones detexit, perculit. Nam, ipſe ante hos tres menſes mihi miſerat Figuram Teleſcopii a ſe excogitati, & huic omino ſimilis; ſed quod magis ingenioſum videtur.

Ecce tibi brevem illius deſcriptionem.

Eſt ABCD (*Fig*. 4. *Tab. I.*) fortis tubus, in cujus infima parte eſt Speculum concavum CD perforatum circa meditullium E.

Sed F eſt Speculum convexum, cujus convexitas ita eſt diſpoſita, ut reflectat imagines, quas recipit a magno Speculo, foramen E verſus, ubi locata eſt Lens ocularis, per quam diſpiciuntur objecta.

Commoda, quibus Teleſcopium hoc anteire *Nevvtonianum* mihi videtur, ſunt hæc.

Primum eſt, quod os vel hiatus AB poteſt eſſe quantælibet amplitudinis; & idcirco tot Radiis illuſtrari poteſt Speculum concavum, quot Speculum Teleſcopii, cujus deſcriptionem nobis impertitus es.

Secundum autem eſt, quod Radii plane ſecundum Naturæ leges reflectentur, nempe circa axem ipſum, & idcirco magis vivide.

Tertium denique, quod aſpectus jucundior eſt; ſiquidem Spectatorem non offendit nimia Lux, quia imum inſtrumentum CD totum vultum abſcondit. Præterea, iſto facilius, quam *Nevvtoniano*, detegentur res, quas intueri volumus.

Hæc Gallus Auctor; quibus ſubnectemus *Nevvtoni* animadverſiones, prout eas ab eodem accepimus Epiſtola data *Cantabrigiæ* A. D. quartum Menſis Maii An. *1672*, hoc exemplo.

ARTIC. IX.

Ibidem pag. 4057.

DOMINE

JUcundiſſimum ſane eſſet, ſiquid perfectionis Catadioptricum Teleſcopium caperet; ſed vereor ne ſpem fallat illud, cujus deſcriptionem, (ut ex te didici,) edidit *Caſſegrainius* ante hos tres menſes, & nuper typis mandavit inter Gallicos commentarios.

Etenim, cumprimum ad Reflexionum effectus expendendos me tradidi, offendi *Opticam promotam Gregorii*, (qui liber typis editus fuit Anno 1663,) ubi eſt inſtrumentum, (deſcriptum *pagina* 94.,) illi ſimile, quod communicavit *Caſſegrainius*, habens nempe foramen in medio Metallo objectivo, ut Lux tranſire poſſit ad vitrum oculare collocatum poſt Speculum: Hinc anſam arripui harum conſtructionum conſiderandarum; eaſque his incommodis obnoxias comperi.

Primo, plus Lucis in Metallo amittetur, cum ea reflectetur a parvo convexo Speculo, quam cum a plano ovali; Siquidem, paſſim obſervatur, quod major Lucis copia reflectitur a quolibet corpore, quando in illud obliquiſſima, quam poteſt, incidit.

Secundo, Speculum convexum Radios non reflectet æque bene ac planum ovale, niſi habeat figuram hyperpolicam, quæ longe difficilius, quam plana, obtinetur; &, quantumvis accurata, rite non reflecteret niſi Radios pertinentes ad Axem.

Tertio, errores a convexo Speculo creati valde augebuntur ob nimium intervallum, quod Radii a Speculo reflexi peragere debent, ut ad Lentem ocularem perveniant. Qua de cauſa opinor, quod (in meo Teleſcopio) cavendum eſt ne tubus fiat

Digitized by Google

fiat majoris diametri quam necessitas postulat, ut vitrum oculare sit plano ovali, quantum fieri potest, proximum, neque tamen Lux utilis impediatur quominus ad Metallum objectivum perveniat.

Quarto, errores, quos Metallum objectivum inducit, magis augebuntur, si Radii reflectantur a convexo, quam si reflecterentur a plano, quia convexum undique recedit & deflectitur a punctis, in quæ singuli Radii deberent incidere.

Quinto, hisce de caussis necesse est figura exigui Speculi convexi sit præter modum accurata & ad unguem facta; tametsi experientia comperio multo difficilius exigua ista, quam grandiora, in accuratam figuram tornari.

Sexto, quoniam errores, quos circa perimetrum concavi objectivi Metalli figura producit ob idipsum quod sphærica est, multo majores fiunt a convexo; objectivi latitudo tanta, quanta in altera constructione, esse non poterit, quin objecta male distincta repræsententur.

Septimo, quia exiguum Speculum convexum magis conducit ad vim augendi, quam planum ovale, instrumentum sic constructum multo magis, quam aliud augebit objecta pro ratione Sphæræ, in quam magnum Metallum concavum formatum est; cumque objecta multo majora reddat, quam deberet pro hiatus ratione, ea repræsentabit valde obscura & tenebricosa, & etiam confusa: Cui incommodo nulla ratione concinne subveniri potest. Nam, si exiguum Speculum convexum facimus latioris Sphæræ, majus incommodum creabit intercipiendo nimiam quantitatem meliorum Radiorum; si diameter Lentis ocularis minor fit, quam opus est, eo ipso angulus Visionis evadet adeo parvus, ut futurum sit negotium difficultatis & incommodi plenissimum, detegere objecta, quorum, postquam inventa erunt, valde exigua pars uno intuitu dispicietur.

Hinc intelligere potes, quod tria commoda, quæ sibi proponit *Cassegrainius*, sunt potius incommoda. Nam, juxta constructionem, hiatus instrumenti erit angustus, objecta obscura & confusa, & etiam inventu difficilia. Neque video, quomodo Reflexio fiat circa axem ipsum, & secundum Naturæ leges potius in hoc instrumento quam in alio; siquidem axis ipse Oculum versus reflectitur ab ovali plano Speculo, & Lux externa removeri ab Oculo potest tubi latere æque bene ac fundo.

Vides igitur hujus Telescopii commoda nulla esse, sed incommodum tantum fore, & quidem inevitabile, ut timeam ne in usum utiliter cedere possit. Et, cum reputo hoc Telescopii genus magis obvium esse quam alterum, ut vel inde constat quod hoc aliis antea inventis simile est, fere inducor ut credam eos, qui aliquid in Catoptricis moliti sunt, omnes primum expertos esse quid hoc præstaret, &, quoniam iis res male processerat, hinc factum esse ut hactenus reflectentibus Telescopiis caruerimus.

Nam, *Gregorius* de hisce instrumentis agens in libro superius citato (*pag. 95.*) ait; *De Mechanica horum Speculorum & Lentium ab aliis frustra tentata ego, in Mechanicis minus versatus, nihil dico*. Igitur tentata est horum Telescopiorum confectio, sed incassum. Et audivi quod *Gregorius* ipse ante hos septem vel octo annos, unum sex pedes longum *Londini* faciendum curavit a *Reiveo*, quod arbitror factum juxta descriptionem in libro illo editam; sed, quamvis ab Artifice sane perito conficeretur, successu caruit.

Quapropter optarem *Cassegrainium* hujus constructionis periculum fecisse antequam eam vulgaret: quod si facere volet in posterum sibimet satisfacturus, arbitror futurum ut eventus eum doceat quam parvi momenti sint cogitationes hujusmodi, donec actu quis illas exsequatur.

Digitized by Google

ARTIC. X.

Proponuntur nonnulla experimenta pertinentia ad Nevvtoni Theoriam de Luce *editam sub Num.* 80. *cum animadversionibus in hæc experimenta factis ab Auctore hujus Theoriæ, & communicatis Epistola data* Cantabrigiæ *A. D. decimum tertium Mensis Aprilis An.* 1672.

Transf. Phil. Mensis Maji An. 1672. Num. 83. pag. 4059.

I.

COntrahatur Solis Lux absque ligneæ fenestræ foramine, & ponatur Prisma inter Lentis Focum & foramen, de quo mentio fit in *Nevvtoni* Theoria *de Luce*.

II.

Ambæ Prismatis extremitates obtegantur Papyro ad varia a Prismatis meditullio intervalla posita; aut annulis mobilibus, ut sic dispiciatur quomodo Figuræ longitudo mutetur, aut dividatur, in qua insistitur in dicta Theoria.

III.

Ita Prisma convertatur, ut, meditullio immoto, ejus extremitates in orbem ferantur.

IV.

Prisma propellatur ita, ut primo altera ejus extremitas, deinde meditullium, denique altera extremitas transeat ante foramen, eodem servato parallelismo.

ARTIC. XI.

Animadversiones in experimenta superius proposita.

Ibidem pag. 4060.

ILli, qui hæc experimenta proposuit, istud, opinor, consilium fuit, ut eorum eventus diserte explicatos haberet una cum observationibus, quæ ad illa pertinentes obviam sese fecerunt.

De *primo*, notavi Solis imaginem, in papyro ad Lentis Focum posita incidentem, extensam fuisse ab interposito Prismate in longitudinem proportionalem Prismatis Refractioni, aut distantiæ a Foco. Præcipue vero animadvertendum hic occurrit, (quantum memini,) quod rectilinea oblongæ imaginis latera magis erant distincta, quam cum Lens adhibita non fuerat.

Cum in mentem revocarem, quod Radii a *Venere* prodeuntes multo minus alius alium versus inclinantur, quam qui ex oppositis disci Solaris partibus procedunt; *Veneris* Lucem ad unum & alterum experimentum usurpavi. Ut autem satis virium haberent, necessarium duxi eos prius patula Lente colligere, ac deinde, inserto Prismate inter Lentem ejusque Focum eo intervallo ut tota Lux per Prisma transire posset, comperi Focum, qui antea videbatur tanquam punctum lucidum, a Prismatis Refractione in longam fulgentem lineam produci.

Sta-

Statueram aliquoties experiri quam figuram Stella fixa perspecta per longum Telescopium a Prismate inter Telescopium Oculumque posito mutuaretur: Sed eventum ex Veneris nudo Oculo conspectæ facie præsentio.

Circa *secundum* experimentum observavi, aliud agens, latitudinem solaris imaginis, tectis papyro, nunc ad Prismatis meditullium propiore nunc remotiore, illius extremitatibus augeri vel minui pro ratione detectæ partis Prismatis, longitudine nullatenus mutata: quod, si detecta Prismatis pars utrinque augebatur, utrinque in eadem ratione, & nunquam magis, Solis imago dilatabatur.

De *tertio* loquar alteri respondens, ubi descriptos reperies effectus productos a duobus Prismatibus quomodocunque sese decussantibus. Si vero unum Prisma in gyrum agatur, colorata imago e loco in locum dumtaxat transferetur, describens in pariete, in quam projicitur, aut circulum aut aliquam aliam sectionem conicam, neque ullam, quoad figuram, mutationem patietur, nisi quas fortasse inducat parietis obliquitas, sive fortuita immutatio anguli, quem Prismatis superficies efficit cum Radiis solaribus.

Experimenti *quarti* successum jam innui, cum significavi Lucem transeuntem per inæqualiter crassas Prismatis partes eadem exhibere phœnomena.

Nota: Longiores duorum Prismatum axes, in experimento descripto, sunt invicem paralleli; cetera ad eorum positionem pertinentia melius intelliges ex hoc Schemate (*Fig.* 5. *Tab. II.*) in quo E G denotet ligneam fenestram.

F foramen, quo terebrata est, & per quod Lux ad Prismata fertur.

A B C primum Prisma, quod Lucem refringit P T versus, ibique Colores in oblongam imaginem diductos pingit.

$\alpha\beta\gamma$ secundum Prisma, quod rursus refringit Radios, sed ad contrarias partes Q versus, ubi longa imago P T in rotundam contrahitur.

Suppono planum $\alpha\ \gamma$ parallelum B C, & $\gamma\ \beta$ ipsi A C, ut Radii æqualiter ad contrarias partes a duobus Prismatibus, refringantur. Præterea, Prismata invicem quamproxima esse debent; si enim magno distarent intervallo, Colores in Luce apparerent, antequam ea in secundum Prisma incideret; tunc autem hi Colores per contrariam secundi Prismatis Refractionem non destruerentur. Et, si Lens ponatur in foramine F, aut statim post Prismata, ita ut ejus Focus sit ad ipsas imagines Q, aut P T, perimeter imaginis Q, & rectilinea latera imaginis P T multo distinctius terminata videbuntur, quam si Lens abesset.

ARTIC. XII.

Epistola latino sermone ad Editorem scripta A. D. nonum Mensis Aprilis An. 1672. n. st. *ab* Ignatio Gastone Pardies P. *Mathematum Professore in Parisino Claromontii Collegio, continens adimadversiones in* Isaaci Nevvtoni *Mathematum Professoris in Universitate Cantabrigensi, Theoriam de Luce editam sub* Num. 80.

Transf. Phil. 17. Menf. Jun. An. 1672. Num. 84. pag. 4087.

Legi ingeniosissimam hypothesim de Lumine & Coloribus Clarissimi *Nevvtoni*; &, quia nonnullam ego operam dedi in ista contemplatione atque experimentis peragendis, perscribam ad Te pauca, quæ mihi circa novam istam doctrinam occurrerunt.

Circa ipsam Luminis naturam illud profecto extraordinarium videtur, quod ait Vir Eruditissimus, Lumen constare ex aggregatione infinitorum propemodum Radiorum, qui suapte indole suum quisque Colorem referant retineantque, atque adeo nati apti sint certa quadam & peculiari ratione plus alii, alii minus refringi: Radios ejusmodi, dum promiscui in aperta Luce confunduntur, nullatenus discerni, sed

ſed Candorem potius referre: in Refractione vero ſingulos unius Coloris ab aliis alterius Coloris ſecerni, & hoc modo ſecretos ſub proprio & nativo Colore apparere: ea corpora ſub aliquo Colore, verbi gratia, rubro videri, quæ apta ſint reflectere aut tranſmittere Radios ſolummodo rubros, &c.

Iſthæc tam extraordinaria hypotheſis, quæ Dioptricæ fundamenta evertit, praxeſque hactenus inſtitutas inutiles reddit, tota nititur illo experimento Priſmatis cryſtallini, ubi Radii per foramen feneſtræ intra obſcurum Cubiculum ingreſſi, ac deinde in parietem impacti, aut in charta recepti, non in rotundum conformati, ut Cl. *Newtono* ad regulas Refractionum receptas attendenti expectandum videbatur, ſed in oblongam figuram extenſi apparuerunt: Unde concluſit, oblongam ejuſmodi figuram ex eo eſſe, quod nonnulli Radii minus, nonnulli magis refringerentur.

Sed mihi quidem videtur juxta communes, & receptas Dioptricæ leges figuram illam, non rotundam, ſed oblongam eſſe oportere. Cum enim Radii ex oppoſitis diſci ſolaris partibus procedentes, variam habeant in ipſo tranſitu Priſmatis inclinationem, varie quoque refringi debent, ut, cum unorum inclinatio 30 ſaltem minutis major ſit inclinatione aliorum, major quoque evadat illorum Refractio.

Igitur Radii oppoſiti, ex altera ſuperficie Priſmatis emergentes magis divergunt, & divaricantur, quam ſi nullatenus, aut ſaltem æqualiter, omnes infracti proceſſiſſent, Refractio autem iſta Radiorum fit ſolummodo verſus eas partes, quæ fingi poſſunt in planis ad Axem Priſmatis rectis: nulla autem Refractionis inæqualitas contingit verſus eas partes, quæ intelliguntur in planis Axi parallelis; ut facile demonſtrari poteſt: Superficies enim duæ Priſmatis cenſeri poſſunt inter ſe Parallelæ, ratione habita ad inclinationem Axis, cum ſingulæ ipſi Axi Parallelæ ſint. Refractio autem per duas Parallelas planas ſuperficies nulla computatur, quia quantum a prima ſuperficie Radius in unam partem torquetur, tantum ab altera in oppoſitam partem detorquetur. Igitur cum Radii ſolares e foramine per Priſma tranſmiſſi ad latera quidem non frangantur, procedunt ulterius, perinde ac ſi nulla Priſmatis ſuperficies obſtitiſſet, (habita, inquam, ratione ſolum ad lateralem illam Divaricationem;) at vero cum iidem Radii ad ſuperiores, ſeu inferiores partes, alii quidem magis, alii vero minus, utpote inæqualiter inclinati, infringantur; neceſſe eſt eos magis inter ſe divaricari, adeoque & in longiorem figuram extendi.

Quin ſi calculus rite obeatur; ut Radii laterales inventi ſunt a Cl. *Newtono* in ea latitudine, quæ ſubtendit Arcum 31. min., qui arcus reſpondet Diametro Solis; ita nullus dubito, quin illa inventa quoque altitudo Imaginis, quæ 2 gr. & 49 min. ſubtendit, ſit illa ipſa quæ eidem Diametro Solis poſt inæquales Refractiones in illo ipſo caſu reſpondeat.

Et revera (*Fig. 6. Tab. II.*) poſito Priſmate ABC, cujus Angulus A ſit 60 gr., Radio DE, qui faciat cum perpendiculari EH, Angulum 30 grad., invenio illum, dum emergit per FG, facere cum perpendiculari FI Angulum 76. gr. 22. min. At vero poſito alio Radio *d* E, qui cum perpendiculari EH, faciat Angulum 29. gr. 30. min., invenio illum, dum emergit per *fg*, facere cum perpendiculari *fi* Angulum 78. gr. 45. min. Unde iſti duo Radii DE, *d*E, qui procedere ſupponuntur ex oppoſitis partibus diſci ſolaris, faciuntque inter ſe angulum 30. min., iidem, dum emergunt per lineas F*g*, *fg*, ita divergunt ut conſtituant Angulum inter ſe 2. gr. 23. min. Quod ſi duo alii Radii aſſumerentur magis accedentes ad perpendicularem EH, (v. gr., qui cum eadem perpendiculari facerent, unus quidem Angulum 29. gr. 30. min., alter vero 29. gr. 0 min.) tunc iidem Radii emergentes magis adhuc divergerent, conſtituerentque angulum majorem etiam aliquando plus quam trium graduum. Et præterea augetur ulterius iſta intercapedo refractorum Radiorum ex eo, quod duo Radii DE, *d*E, concurrentes in E, illico incipiunt divaricari, atque impingunt in duo puncta disjuncta alterius ſuperficiei, nempe in F, & in *f*. Quapropter non ſufficit ad obeundum rite calculum, e Longitudine Imaginis impactæ in chartam ſubtrahere magnitudinem foraminis feneſtræ; quan-

Digitized by Google

quandoquidem etiam posito foramine indivisibili E, adhuc fieret aliud veluti foramen latum in alia superficie, nempe F *f*.

Quod etiam vocat *Experimentum Crucis*, mihi quidem videtur quadrare cum vulgaribus & receptis Refractionum regulis. Nam, ut modo ostendi, Radii solares, qui accedentes & convergentes faciunt angulum 30. min., egredientes etiam deinde post indivisibile foramen, divergunt in angulum duorum, & trium graduum. Quapropter non mirum, si isti Radii, sigillatim impingentes in alterum Prisma, perexiguo item apertum foramine, inæqualiter infringantur, cum sit inæqualis illorum Inclinatio. Neque refert, quod isti Radii attollantur, aut deprimantur per conversionem primi Prismatis, manente immoto secundo Prismate, (quod tamen in omni casu fieri non potest, vel quod manente primo immobili, secundum moveatur, ut successive Radios coloratos totius imaginis excipiat, & per proprium foramen transmittat; utrolibet enim modo necesse est Radios illos extremos, hoc est, rubrum & violaceum incidere in secundum Prisma sub inæquali angulo, adeoque eorundem Refractionem esse inæqualem, ut violaceorum sit major.

Cum igitur manifesta causa appareat oblonge ejusmodi figuræ Radiorum, causaque illa ex ipsa natura Refractionis oriatur; non videtur necesse recurrere ad aliam hypothesin, aut admittere diversam illam Radiorum Frangibilitatem. Quod deinde excogitavit de *Coloribus*, illud quidem egregie consequitur ex præcedente hypothesi; veruntamen nonnullas & ipsum patitur difficultates, nam, quod ait nullum Colorem, sed potius Candorem, apparere, ubi omnes omnium Colorum Radii promiscue confunduntur, id vero non videtur conforme omnibus phænomenis. Certe, quæ variationes cernuntur in permistione diversorum corporum diversis Coloribus imbutorum, eædem omnino observantur in permistione diversorum Radiorum diversis item Coloribus imbutorum. Atque optime ipse advertit, quod quemadmodum ex flavo, & cæruleo corpore exsurgit viridis Color; ita ex flavo, & cæruleo Radio viridis item Color efficitur. Quare, si omnes omnium Colorum Radii simul confunderentur, necesse esset in ista hypothesi, ut ille Color appareret, qui revera apparet in permistione omnium Pigmentorum. Atqui si ista, hoc est rubrum simul, & flavum una cum cæruleo, & purpureo, aliisque omnibus, si quæ sint conterantur, & confundantur, non jam candidus, sed obscurus, & satur Color exsurget. Ergo similis Color appareret in Lumine ordinario, quod constaret ex aggregatione omnium Colorum.

Præterea, nihil primo aspectu magis ingeniosum, magisque aptum videtur, quam quod ait circa experimetum Acutissimi *Hookii*, quo duo diversi liquores, quorum alter rubeus, alter cæruleus, uterque sigillatim pellucidus, simul permisti, opaci evadunt. Id autem ait Clarissimus *Nevvtonus* ex eo oriri, quod unus liquor solos rubeos natus sit transmittere, alter vero solos flavos; unde permisti nullos transmittent. Hoc, inquam, videtur statim valde appositum; nihilominus tamen ex eo conficeretur, quod similis opacitas fieret in permistione quorumcunque liquorum, qui essent diversi Coloris; quod tamen verum non est.

A R-

Digitized by Google

ARTIC. XIII.

ISAACI NEVVTONI

Epistola ad Editorem data A. D. decimum tertium Mensis Aprilis An. 1672. st. vet., *qua respondetur ad superiorem* P. Pardies.

Ibidem. Num. 84. pag. 4091.

ACcepi observationes Reveren. Patris *Ignatii Pardies* in Epistolam meam de Lucis Refractionibus & Coloribus ad te conscriptam, quo nomine me illi valde devinctum agnosco; atque hoc difficultatibus, quas proposuit, eluendis rescribo.

Imprimis ait longitudinem solaris imaginis a Refractione Prismatis effectam non alia indigere causa, quam diversa Radiorum ab oppositis partibus solaris disci profluentium Incidentia, adeoque non probare diversam Refrangibilitatem Radiorum. Et, quo assertionis ejus veritatem confirmet, ostendit casum, in quo, ex diversa Incidentia triginta Minutorum, differentia Refractionis potest esse duorum graduum cum viginti tribus Minutis, vel etiam paulo major, prout exigit meum experimentum. Sed hallucinatus est Reverend. Pater; nam Refractiones a diversa parte Prismatis, quantum potest, inæquales statuit R. P. *Pardies*, cum tamen ego tum in experimentis, tum in calculo de experimentis istis inito, æquales adhibuerim. Si (*Fig. 7. Tab. II.*) autem ABC, Prismatis sectio ad Axem ejus perpendicularis, FL, & KG, Radii duo in *x* (medio foraminis) decussantes, & in Prisma illud incidentes ad G & L; sintque eorum refracti GH, & L*m*, ac denuo HI, & *mn*. Et, cum Refractiones ad latus AC æquales esse Refractionibus ad latus BC, quam-proxime, supposuerim; si AC, & BC statuantur æqualia, similis erit Radiorum GH, & L*m* ad AB, basin Prismatis, inclinatio; adeoque ang. CL*m* = ang. CHG, & ang. C*m*L = ang. CGH. Quare etiam Refractiones in G, & *m* æquales erunt, ut & in L & H; atque adeo ang. KGA = ang. *nm*B, & ang. FLA = ang. BHI; & proinde refractorum HI, & *mn*, eadem erit ad invicem inclinatio ac est incidentium Radiorum FL & KG. Sit ergo ang. F*x*K 30. min., æqualis nempe solari Diametro, & erit angulus, quem HI & *mn* comprehendunt, etiam 30. min., si modo Radii FL, & KG, æqualiter refrangibiles statuantur. At mihi experienti prodiit angulus ille, circiter, 2 grad. 49 min., quem Radius HI, extremum violaceum Colorem, & *mn* cæruleum exhibens, constituere, ac proinde Radios illos diversimode refrangibiles esse, sive Refractiones secundum disparem sinuum Incidentiæ, & Refractionis rationem peragi necessario concedendum est.

Addit præterea R. P., quod non sufficit ad obeundum rite calculum, ex longitudine imaginis impacta in chartam subtrahere magnitudinem foraminis fenestræ; quandoquidem etiam posito foramine indivisibili, adhuc fieret aliud veluti foramen latum in posteriori superficie Prismatis. Mihi tamen videtur, his non obstantibus, quod Refractiones Radiorum, in anteriori æque ac posteriori superficie Prismatis decussantium, ex adhibitis principiis possint rite computari. Sed si res secus esset, latitudo hiatus in posteriori superficie, quod ad-instar foraminis est, haud efficeret errorem duorum minutorum secundorum; & in rebus practicis non operæ pretium duco ad minutias istas attendere.

Illi insuper *Experimento*, quod Crucis vocaveram, nihil adversatur R. P. dum contendit, inæquales Radiorum diversis Coloribus imbutorum Refractiones ex inæqualibus Incidentiis effectas fuisse. Nam Radiis per duo admodum parva, ab invicem distantia, & immota foramina, transeuntibus, Incidentiæ illæ, prout ego experi-

Digitized by Google

perimentum institui omnino æquales erant, & tamen Refractiones liquido inæquales. Sin ille de experimentis nostris dubitet, oro, ut Radiorum diversis Coloribus præditorum Refractiones ex Incidentiis paribus mensuret, & sentiet inæquales esse. Si modus ille, quem ego ad hoc negotium adhibui minus placeat, (quo tamen nullus potest esse luculentior,) facile est alios excogitare; sicut & alios ipse haud paucos cum fructu expertus sum.

Contra *Theoriam* de Coloribus objicitur quod pulveres diversorum Colorum permisti, non candidum, sed subobscurum & fuscum Colorem exhibent. Mihi vero Albus, Niger, & omnes intermedii Fusci, qui ab Albo, & Nigro permistis componi possunt, non specie Coloris, sed quantitate Lucis tantum differre videntur. Et cum in mistione Pigmentorum, singula corpuscula non nisi proprium Colorem reflectant, adeoque maxima pars Lucis incidentis supprimatur, & retineatur; Lux reflexa subobscura evadet, & quasi cum tenebris permista, adeo ut non intensum Alborem, sed qualem Nigredinis permistio conficit, hoc est fuscum exhibere debeat.

Objicitur deinde, quod a liquoribus quibuscunque, diversi Coloris in eodem vase commistis, æque ac in diversis vasis contentis, Opacitas oriri debet, quod tamen ait verum non esse. Sed non video consequentiam. Nam plurimi liquores agunt in se invicem, & novam sibi mutuo partium contexturam secreto inducunt; unde opaci, diaphani, vel variis Coloribus, ex Coloribus permistorum nullo modo oriundis, præditi evadere possunt. Et hac de causa experimenta hujusmodi minus apta semper existimavi a quibus conclusiones deduci possint. Subnoto tamen, quod ad hoc experimentum requiruntur liquores saturis & intensis Coloribus præditi; qui perpaucos nisi proprii Coloris Radios transmittant, quales raro occurrunt, ut videbitur illuminando liquores cum diversis Coloribus Prismatis in obscurato Cubiculo. Nam pauci reperientur, qui in propriis Coloribus satis diaphani appareant, inque alienis opaci. Convenit præterea, ut adhibiti Colores sint inter se oppositi, quales existimo fore rubrum, & cæruleum, vel flavum, & violaceum, vel etiam viridem, & purpureum illum qui coccineo affinis est. Et ex hujusmodi liquoribus nonnulli, (quorum partes tingentes non congrediuntur,) fortasse permisti evadunt opaciores. Sed de eventu nihil sum sollicitus, tum quod luculentius est experimentum in liquoribus seorsim existentibus, tum quod experimentum illud, (sicut & Iridis, Tincturæ nephriticæ, & aliorum corporum naturalium phænomena,) non ad probandam, sed ad illustrandam tantum Doctrinam proposui.

Quod R. P. *Theoriam* nostram Hypothesin vocat, amice habeo siquidem ipsi nondum constet. Sed alio tamen consilio proposueram, & nihil aliud continere videtur quam proprietates quasdam Lucis, quas jam inventas probare haud difficile existimo, & quas, si non veras esse cognoveram, pro futili, & inani speculatione mallem repudiare, quam pro mea *Hypothesi* agnoscere. Quid vero censeri mereatur, ex responsionibus ad animadversiones Domini N. N. fortasse statim prodituris, clarius patebit. Interim vale, & perge amare

Tibi devinctissimum

I. NEWTON.

Digitized by Google

ARTIC. XIV.

Excerptum ex Isaaci Nevvtoni *Epistola nuper ad Editorem scripta, qua ipse genuinam suggerit Methodum, doctrinam suam* de Luce & Coloribus *antehac propositam, evincendi, subjecta certorum Quæsitorum, debitis experimentis solvendorum, serie.*

Transf. Phil. 15. Mens. Julii An. 1672. Num. 85. pag. 5006.

Liceat mihi hac occasione tibi significare nequaquam censere me efficacem eam esse determinandę veritatis rationem, qua diversi examinantur modi, quibus Phænomena explicari possunt; nisi ubi perfecta fuerit omnium istorum modorum enumeratio. Nosti genuinam proprietates rerum investigandi Methodum esse, qua illæ ab experimentis deducuntur. Ac jam ante tibi dixeram Theoriam a me propositam evictam mihi fuisse, non quidem inferendo rem ita se habere, quia haud se habeat aliter; videlicet, non eam deducendo dumtaxat a contrariarum suppositionum confutatione; sed ipsam ab experimentis positive & directe concludentibus derivando. Vera itaque ratio eam examinandi hæc erit, si consideremus scilicet num experimenta a me proposita illas Theoriæ partes, quibus accommodantur, revera probent; vel si alia prosequamur experimenta, quæ ab ipsa Theoria, ad examinandam eam, suggerantur; atque hoc ipsum methodo genuina fieri velim, pervestigatis primum ac determinatis legibus Refractionis, priusquam Colorum natura disquiratur. Præter rem itaque haud fore crediderim disquisitionem hanc ex sequentium Quæsitorum serie instituere; quæ quidem ut a solertibus sagacibusque Naturæ Mystis, pronunciatis experimentorum eventibus, dirimantur, in votis quam maxime habeo. Ea sunt

I.

Num Radii, qui æquali Incidentia in idem medium incidunt, Refractiones habeant inæquales; quantæque sint Refractionum, quas illi subeunt, inæqualitates in quavis Incidentia.

II.

Quænam ea sit lex, juxta quam Radius quilibet magis minusve refringitur?. Sitne, quod idem Radius semper refringatur secundum eandem rationem sinuum Incidentiæ & Refractionis; diversi autem Radii secundum rationes diversas? An vero, quod cujuslibet Radii Refractio major minorve sit absque ulla regula certa? Hoc est, utrum unusquisque Radius certum habeat gradum Refrangibilitatis, juxta quem fiat ipsius Refractio, an vero refringatur sine ista regularitate.

III.

Num Radii, certis gradibus Refrangibilitatis præditi, quando, quo demum cunque modo, secernuntur, certos obtineant Colores ipsis proprios; puta, Radii minime omnium refrangibiles, coccineum; maxime refrangibiles, saturum violaceum; intermedii, subviridem; alii, alios. Et e contra?

IV.

Num Color cujusvis generis Radiorum seorsim existentium mutari possit Refractione?

V.

V.

Utrum Colores coalescendo revera se invicem mutent ad producendum Colorem novum; an vero eum producant nonnisi se invicem commiscendo?

VI.

Num debita Radiorum miscela, omnigena Colorum varietate prædita, Lucem producat solari Luci simillimam; quæque easdem omnino proprietates obtineat; eadem denique phænomena exhibeat?

VII.

Utrum componentes cujusvis miscelæ Colores revera mutentur, an vero secernantur dumtaxat, quando ex mixtura illa varii Colores rursum producuntur per Refractionem?

VIII.

Dentur-ne ulli alii Colores Refractione producti, præter eos, quos oriri oportet a Coloribus ad Radios diversimode refrangibiles pertinentibus, dum illi Refractione sua secernuntur vel miscentur?

Per experimenta determinare hæc, similiave Quæsita, quæ propositam Theoriam involvunt, maxime genuina directaque videtur ad conclusionem via. Proindeque omnes velim objectiones suspendi, quæ ab Hypothesibus desumuntur ullisve Fontibus aliis quam his duobus; quibus nempe, vel ostendatur experimentorum ad determinanda hæc ζητήματα, probandasve ullas alias Theoriæ meæ partes, insufficientia, hallucinationes, defectusque in conclusionibus meis inde deductis indigitando: vel alia producantur experimenta e diametro mihi opposita, siquæ talia occurrere videantur. Si enim experimenta, quæ a me urgentur, laborant defectibus, difficile haud fuerit eos ostendere; si vero valida fuerint, eo ipso, dum Theoriam meam asserunt probantque, omnes objectiones convellunt.

ARTIC. XV.

Secundæ P. Pardies *literæ ad Editorem* Lutetiæ Parisiorum *datæ A. D. vicesimum primum Mensis Maii, An.* 1672., *quibus reponitur* Nevvtoni *responsioni ad primas literas ipsius* P. Pardies *editas sub* Num. 84.

Ibidem pag. 5012.

Redditæ mihi sunt tuæ litteræ cum Observationibus Clarissimi & Ingeniosissimi *Nevvtoni*, quibus ad meas difficultates respondit. Eas ego legi non sine maxima voluptate. Et primum, quod attinet ad ipsum experimentum majoris latitudinis Colorum, quam exigeret vulgaris Theoria Refractionum; fateor me inæquales Refractiones in oppositis Prismatis faciebus supposuisse, nec ullatenus advertisse in literis relatis in Transactionibus observatam fuisse a *Nevvtono* majorem illam latitudinem in eo casu, in quo Refractiones ponerentur reciproce æquales, eo modo, quo hic in istis observationibus dicitur. Sed nec ab eo tempore in iisdem Transactionibus videre licuit, cum eas non potuerim recuperare. Cum igitur nunc videam etiam in eo casu observatam majorem illam Colorum latitudinem; certe ex hoc

Digitized by Google

capite nihil mihi ulterius restat difficultatis. Ex hoc, inquam, capite, nam aliunde videtur posse reddi ratio illius phænomeni absque ista varia Radiorum Refrangibilitate. Etenim in ea hypothesi, quam fuse explicat noster *Grimaldus*, in qua supponitur Lumen esse substantia quædam rapidissime mota, posset fieri aliqua diffusio Luminis post transitum foraminis, & decussationem Radiorum. Item, in ea hypothesi, qua Lumen ponitur progredi per certas quasdam Materiæ subtilis Undulationes, ut explicat subtilissimus *Hookius*, possunt explicari Colores per certam quandam *diffusionem atque expansionem Undulationum, quæ fiat ad latera Radiorum ultra foramen, ipso contagio ipsaque materiæ continuatione*. Certe ego talem adhibeo *Hypothesin* in dissertatione de *motu Undulationis*; quæ est *sexta pars meorum Mechanicorum*; ut ponam, Colores istos apparentes fieri ex sola illa communicatione Motionis, quæ ab Undulationibus directe procedentibus ad latera effundatur: Ut (*Fig.* 8. *Tab. II.*) si Radii intrantes per foramen *a*, progrediantur versus *b*, Undulationes quidem directe terminari deberent, (habendo rationem ad motum rectum & naturalem,) ad lineam rectam *a b*; nihilominus tamen propter continuitatem materiæ, fit aliqua communicatio commotionis versus latera *c c*, ubi tremula quædam, & crispans succussio excitatur: Atque si in illa laterali crispatione consistere Colores supponatur, existimo omnia phænomena Colorum explicari posse, ut fusius in ea, quam dixi, dissertatione expono. Quibus item positis, apparet etiam, cur ultra quam ferat Radiorum ipsorum divaricatio, expandi Colorum latitudinem necesse sit. Verum ista obiter hic tantum adnotasse sufficiat.

Quod adnotat, errorem, qui oriri posset in calculo, ex eo, quod dixeram, veluti foramine facto in posteriori facie Prismatis; errorem, inquam, illum non posse inducere sensibilem varietatem, id optime adnotatum est: neque ego existimavi inde multum augeri Colorum latitudinem; sed tantummodo accuratam calculi rationem indicare volui. Quapropter & ego in praxi negligendam hanc cautionem censeo.

Circa *experimentum Crucis*, nequaquam dubito, quo minus in suo experimento talem situm adhibuerit, in quo, æqualis Inclinatio fuerit Radiorum incidentium, quandoquidem id ita a se præstitum expresse affirmat. Verum, id non ego poteram conjicere ex iis, quæ superius legeram; ubi ponuntur duo exigua, & maxime distantia foramina, & unum Prisma prope primum foramen, quod est in fenestra, per quod Prisma Radii colorati erumpentes, incidunt in alterum distans foramen: Addebatur autem, quod ad hoc, ut omnes illi Radii successive inciderent in secundum illud foramen, convertebatur primum Prisma supra Axem: Atqui hoc modo necesse est mutari inclinationem Radiorum, qui incidunt in secundum foramen: Atque indicavi ego, quod perinde sese res habet, sive manente primo Prismate immobili, secundum foramen attolleretur, aut deprimeretur, ut possit successive Radios omnes depictæ Imaginis solaris excipere, sive manente isto secundo foramine immobili, primum Prisma converteretur, ut ita eadem Imago situm mutaret, atque in foramen impingere secundum omnes successive partes posset. Sed alias, sine dubio, adhibuit cautiones solertissimus *Newtonus*.

Quæ circa Colores objeceram, optime soluta existimo. Quod autem *Theoriam* istam appellarim *Hypothesin*, id certe ego nullo adhibito consilio feci; atque nomen usurpavi quod primum occurrit: quapropter velim ut ne per contemptum adhibitam vocem ejusmodi existimet; Clarissimum vero *Newtonum* imprimis suspicio ac veneror.

A R-

Digitized by Google

ARTIC. XVI.

Isaaci Nevvtoni *responsio ad superiorem epistolam*.

Ibidem pag. 5014.

IN observationibus Reverend. Patris *Ignatii Pardies*, quas ad te denuo conscripsit, an majus sit humanitatis argumentum, quod meis responsionibus vim omnem attribuit; an ingenii, quod Objectiones proponit, quæ, si non probe tollantur, doctrinam nostram frustrari possint, vix dixerim: Utrunque sane ad determinandam veritatem optime conducit, efficitque ut acceptis quam-lubentissime respondeam.

Ait R. P. quod absque varia diversorum Radiorum Refrangibilitate, possibile sit explicare longitudinem Colorum; puta, ex Hypothesi P. *Grimaldi*, per diffusionem Luminis, quod supponitur esse substantia quædam rapidissime mota, vel ex Hypothesi *Hookii* nostri, per diffusionem vel expansionem undulationum, quas statuit in æthere a lucidis Corporibus excitatas quaquaversum propagari. Addo quod ex Hypothesi *Cartesiana* potest etiam effingi consimilis diffusio conatus vel pressionis Globulorum, perinde ut in explicatione Caudæ Cometæ supponitur. Et eadem diffusio vel expansio juxta aliam quamvis Hypothesin, in qua Lumen statuitur esse vis, Actio, Qualitas, vel substantia quælibet a luminosis corporibus undique emissa, effingi potest.

Ut his respondeam, animadvertendum est, quod Doctrina illa, quam de Refractione, & Coloribus explicui in quibusdam Lucis proprietatibus solummodo consistit, neglectis Hypothesibus, per quas, proprietates illæ explicari debent. Optimus enim & tutissimus philosophandi modus videtur, ut imprimis rerum proprietates diligenter inquiramus & per experimenta stabiliamus, ac dein tardius contendamus ad hypotheses pro earum explicatione. Nam, hypotheses ad explicandas rerum proprietates tantum accommodari debent, & non ad determinandas usurpari, nisi quatenus experimenta subministrare possint. Et siquis ex sola hypothesium possibilitate de veritate rerum conjecturam faciat, non video quo pacto quicquam certi in ulla scientia determinare possit; siquidem alias atque alias hypotheses semper licet excogitare, quæ novas difficultates suppeditare videbuntur. Quamobrem ab Hypothesium contemplatione, tanquam improprio argumentandi loco, hic abstinendum esse censui, & vim objectionis abstrahendam, ut pleniorem, & magis generalem responsionem accipiat.

Itaque per Lumen intelligo quodlibet Ens, vel Entis potestatem, (sive sit substantia, sive quævis ejus Vis, Actio, vel Qualitas) quod a corpore lucido recta pergens aptum sit ad excitandam visionem; & per Radios Luminis intelligo minimas, vel quaslibet indefinite parvas ejus partes, quæ ab invicem non dependent, quales sunt illi omnes Radii, quos lucentia corpora vel simul, vel successive secundum rectas lineas emittunt. Nam illæ tum collaterales tum successivæ partes Luminis sunt independentes, siquidem unæ absque aliis intercipi possint, & in quaslibet plagas seorsim reflecti, vel refringi. Et hoc præcognito, Objectionis Vis omnis in eo sita erit; quod Colores per aliquam Luminis ultra foramen diffusionem, quæ non oritur ab inæquali diversorum Radiorum (seu Luminis independentium partium) Refrangibilitate, in longum diduci possint.

Quod autem non aliunde oblongentur, monstravi in Literis relatis in Phil. Transactionibus Num. 80. Et ut rationes facilius percipiantur, non gravabor jam fusius explicare.

Scilicet ex observatione, quod Radii post Refractionem non incurvabantur, sed recta ad parietem progressi fuerint, patuit, eandem fuisse eorum ad se mutuo inclina-

Digitized by Google

clinationem cum modo exierunt Prismate, atque cum impegerunt in parietem; & proinde longitudo Colorum ex inclinatione Radiorum emersit, quam inter refringendum obtinuere, hoc est, ex quantitate refractionis quam singuli radii in Prismate patiebantur. Adeoque cum colorum longitudo latitudinem aliquot vicibus ex observatione superavit; sequitur majorem fuisse inæqualitatem refractionum quam potuit oriri ex inæqualitate Incidentiarum. Quinimo ex figura imaginis coloratæ, quod nempe non fuit ovalis, sed ad latera duabus parallelis rectis lineis terminata, patuit eam ex indefinite multis imaginibus Solis, per inæqualem refractionem in longum distractis & serie continua dispositis, constitui; adeoque radios a singulis partibus solaris Disci provenientes per totam fere longitudinem colorum dispergi, & proinde similiter incidentium inæquales esse refractiones. Id quod aliis etiam indiciis ostendi posset.

Constat itaque diversas esse refractiones, ubi pares sunt incidentiæ. Sed amplius inquirendum est, unde oriatur illa diversitas? An sit a causa aliqua incerta & irregulari, vel certa lege, secundum quam radius quilibet aptus est determinatam aliquam refractionem pati. Per incertas & irregulares causas intellige asperitates in superficies vel venas diversæ densitatis in interiori parte Vitri ex quo Prisma conflatur; item irregularem situm pororum, quos nonnulli ob luminis transmissionem directo tramite per vitrum omnifariam trajici statuunt; nec non tremores & inæquales commotiones partium ætheris, aeris, vel vitri; radiorum in refringente superficie se mutuo fortasse comprimentium resulturam ab invicem; ejusdem cujusque radii divisionem ac dissipationem in partes divergentes, quas vel numero finitas vel indefinite multas in superficie aliqua continuatim jacentes imaginari liceat; vel quamvis aliam diffusionem & dilatationem Luminis quam possumus excogitare, non ortam ex diversa prædispositione cujusque radii ad refractionem, in certo aliquo & constanti gradu patiendam.

Quod autem diversa refractio non orta sit ex ullis ejusmodi causis incertis & irregularibus, probavi per Experimentum duorum consimilium Prismatum in contrario situ juxta-positorum, ita ut posterius contraria sua refractione retroflecteret radios, & sic regulares effectus prioris destrueret, sed per iteratas refractiones, augeret irregulares. Utpote si prius Prisma diffunderet ac divergere faceret parallelos radios, ex. gr. per asperam polituram, inæquabilem densitatem, aut irregularem situm pororum Prismatis, vel per tremulos motus partium ætheris, aeris, aut vitri; vel per dilatationem luminis propter partium ejus (i. e. radiorum) se mutuo comprimentium relaxationem versus adjacentia spatia, quæ vel nullo vel minus constipato Lumine irradiantur, vel denique per cujusque radii dilatationem aut diffractionem in complures divergentes radios: tum sane posterius Prisma magis diffunderet ac dissiparet radios per dictas irregularitates, ætheris, aeris, aut vitri, vel per iteratam dilatationem Luminis a refringentis superficiei resistentia denuo constipati ac diffusi, vel etiam per cujusque radii a priori diffractione orti iteratam diffractionem ac divisionem in longe plures divergentes radios. Et sic Lumen magis dispergeretur per refractionem secundi Prismatis, & in parietem projectam imaginem duplo longiorem, minimum, exhiberet, quam per solam refractionem prioris Prismatis exhiberi potuisset. Quamobrem cum, Experientia teste, refractio secundi Prismatis adeo non dispergat Lumen, ut contrahat & in pristinum statum reducat: efficiatque ut in forma coni postea progrediatur, perinde ac si nullam omnino refractionem passum fuisset; concedendum est, Diffusionem Luminis a refractione anterioris Prismatis effectam, non oriri ab aliqua præfatarum causarum, aut alia quavis irregularitate, sed diversæ refrangibilitati radiorum solummodo tribuendam esse; utpote qua radius unusquisque, ex insita dispositione tantam refractionem in posteriori Prismate, ac in priori passus, reducitur in parallelismum cum se ipso; & sic omnes radii ad se mutuo easdem inclinationes resumunt quas ante refractiones habuere.

Demum, ut hæc omnia summe confirmarem, adjeci Experimentum illud, quod jam nomine *Crucis* passim insignitur, de cujus conditionibus cum R. P. dubitaverit,

Digitized by Google

verit, placuit jam designare Schemate (*Fig. 9. Tab. II.*) Sit B C anterior Tabula, cui Prisma A immediate præfigitur, sitque D E altera Tabula, quasi 12 pedibus abinde distans, cui suffigitur alterum Prisma F. Tabulæ autem ad *x* & *y* ita perforentur, ut aliquantulum Lucis ab anteriori Prismate refractæ trajici possit per utrumque foramen ad secundum Prisma, inque eo denuo refringi. Jam Prisma anterius circa Axem reciproco motu convertatur, & colores in tabulam posteriorem D E procidentes, per vices attollentur, & deprimentur, eoque pacto alius atque alius color successive pro arbitrio trajici potest per foramen ejus *y* ad posterius Prisma, dum ceteri colores in Tabulam impingunt: Et videbis radios diversis coloribus præditos diversam pati Refractionem, in illo posteriori Prismate, ex eo quod ad diversa loca parietis, vel cujusvis obstaculi G H, pedibus aliquot ulterius remoti, allabentur: puta, Violacei Radii ad H, Rubri ad G, & intermedii ad loca intermedia: & tamen propter determinatam positionem Foraminum necesse est ut similis sit incidentia Radiorum cujusque coloris per utrumque trajecti. Atque ita ex mensura constat Radios, diversis coloribus affectos, habere diversas Leges Refractionum.

Sed suspicor unde adductus sit R. P. in dubitationem; nempe videtur collocasse primum Prisma A, post tabulam BC, atque ita convertendo circa Axem, verisimile est inclinationem radiorum, qui interjacent foramina propter intermediam Refractionem fuisse mutatam. At, ex descriptione prius exposita, debuit tabula illa collocari post Prisma, ut Radii inter Foramina in directum jacerent, quemadmodum ex verbis constare potest. Et usus Experimenti idem innuit. Ex abundanti placet observare, quod in hoc Experimento colorata Lux ob Refractionem secundi Prismatis longe minus diffunditur ac divaricat, quam cum alba existit; adeo ut imago ad G, vel H, sit pene circularis; præsertim si Prismata statuantur parallela, & in contrario situ Angulorum, prout in Schemate designantur. Quinetiam, si præterea diameter foraminis *y* adæquet latitudinem Colorum, nulla erit ejusdem coloratæ Lucis in longum diffusio; sed Imago, quæ a quopiam colore ad G vel H effingitur (positis circularibus foraminibus, & Refractione Posterioris Prismatis non majori quam prioris, radiisque ad obstaculum quam-proxime perpendicularibus) erit plane circularis. Id quod arguit diffusionem, de qua supra egimus, non ex contagione, vel continuitate materiæ undulantis, aut celerrime motæ, vel similibus causis ortam esse, sed ex certa Refractionum cujusque generis Radiorum lege. Cur autem Imago illa in uno casu sit circularis, & in aliis nonnihil oblongata, & quomodo diffusio Lucis in longitudinem, in quolibet casu pro arbitrio minui possit, a Geometris determinandum, & cum Experientia conferendum relinquo. Postquam proprietates Lucis, his, & similibus Experimentis satis exploratæ fuerint, spectando radios tanquam ejus sive collaterales, sive successivas partes, de quibus experti sumus per independentiam quod sint ab invicem distinctæ; Hypotheses exinde dijudicandæ sunt, & quæ non possunt conciliari, rejiciendæ. Sed levissimi negotii est accommodare Hypotheses ad hanc Doctrinam. Nam si quis Hypothesin *Cartesianam* defendere velit, dicendum est, Globulos esse inæquales, vel pressiones Globulorum esse alias aliis fortiores, & inde diversimode Refrangibiles, & aptas ad excitandam sensationem diversorum colorum. Et sic juxta Hypothesim *Cl. Hookii* dicendum est, Undulationes ætheris esse alias majores sive crassiores aliis. Atque ita in ceteris. Hæc enim videtur esse summe necessaria lex & conditio Hypothesium, in quibus naturalia corpora ponuntur constare ex quamplurimis corpusculis acervatim contextis, ut a diversis lucentium corpusculis, vel ejusdem corpusculi diversis partibus (prout motu, figura, mole, aut aliis qualitatibus differunt) inæquales pressiones, motiones, aut mota corpuscula per æthera, quaquaversum trajiciantur, ex quibus confuse mistis, Lux constitui supponetur. Et nihil durius esse potest, in istis Hypothesibus, quam contraria suppositio.

Ex apertura sive dilatatione Lucis, in posteriori facie Prismatis, quam R. P. dixit esse veluti foramen, sufficit, quod error non emerget sensibilis, si modo aliquis emer-

Digitized by Google

emergeret. Quod si Calculus juxta observationes præcise ineatur, error erit nullus. Nam diametro foraminis a longitudine imaginis subducta, restabit longitudo, quam imago haberet, si modo foramen ante Prisma esset indivisibile, idque non obstante præfata Lucis dilatatione in posteriori facie Prismatis; ut facile ostenditur. Deinde ex data illa longitudine imaginis, ac distantia a foramine indivisibili, ut & positione, & forma Prismatis, & ad id inclinatione incidentium radiorum, ac angulo, quem refracti Radii ad medium imaginis tendentes, cum a centro Solis incidentibus constituunt, cetera omnia determinantur. Et quæ determinant Refractiones, & positiones Radiorum, sufficiunt ad calculum istarum Refractionum rite ineundum. Sed res non tanti esse videtur, ut moram inferat.

Quod R. P. Doctrinam nostram Hypothesin vocaverit, non aliunde factum esse credo, quam quod vocabulum usurpavit, quod primum occurrit; siquidem mos obtinuit ut quicquid exponitur in Philosophia dicatur Hypothesis. Et ego sane non alio consilio vocabulum istud reprehendi, quam ut ne invalesceret appellatio, quæ recte Philosophantibus præjudicio esse potest.

Reverend. vero Patris candor in omnibus conspicitur; indeque modus efferendi benevolentiam, qui mihi minime convenit. Quod tamen nostra non displicent, vehementer gaudeo. Vale.

Dabam *Cantabrigiæ* 11. Junii 1672.

Hæc responsio ad Reverend. Patrem *Ignatium Pardies* mox transmissa, id effecit, ut ille die 9 Julii 1672. rescriberet gallice in hunc sensum.

Omnino mihi satisfecit novissima responsio a Domino *Newtono* ad meas instantias data. Novissimus scrupulus, qui mihi hærebat circa experimentum Crucis penitus fuit exemptus. Atque nunc plane ex Figura ipsius intelligo, quod non intellexeram ante. Experimentum peractum cum fuerit isto modo, nihil habeo quod in eo desiderem amplius. Rem mihi pergratam feceris, si ipsi singularem meum ingenii & doctrinæ ejus cultum contesteris, & pro illo studio maximas gratias agas, quo voluit adnotationes meas examinare, iisque respondere. Præter existimationem illam, quam jam ante de acumine ejus conceperam, affectus hic officiosus magnopere me ipsi devinxit.

ARTIC. XVII.

ISAACI NEWTONI

Responsio ad nonnullas considerationes in Doctrinam suam de Luce & Coloribus *editam sub harum Transactionum* Num. 80.

Transf. Phil. 18. Mens. Nov. An. 1672. Num. 88. pag. 5084.

DOMINE

Tibi jam dixi, quod, cum considerationes in meam de Refractionibus & Coloribus epistolam a te mihi missas evolverem, nihil offendi, cui non facile responderi posse putarem. Et, quanquam harum considerationum Auctor majori, quam expectabam, studio quandam hypothesin complexus sit, non tamen dubito, quin idem illi consilium sit, quod mihi est. Ego quidem scientiam totis viribus & bona fide prosequor; neque incertas speculationes magnifaciens, quia subtiliores

sunt;

Digitized by Google

ſunt ; neque veritates indubias parvipendens, quia ſimplices ſunt & obviæ. Quibus confiſus reſponſione hac ſuam Diſſertationem * excipio.

I.

De activa Optices parte.

Quod primum ſeſe obviam facit, mihi minus jucundum eſt, & ideo quia tale eſt, hinc initium duco. Auctori conſiderationum placuit me reprehendere, quod cogitationem perficiendæ Optices per Refractiones depoſuerim. Si per epiſtolam privatam me de hac re interrogare dignatus eſſet, ei narraviſſem quomodo ſucceſſerint tentamina, quæ de hoc aggreſſus ſum, & quæ ſucceſſa nunc affirmare poſſum minora fuiſſe, quam quæ ipſemet olim expectaveram, & quæ fortaſſe ille etiam nunc ſperat. Sed, quia ipſi libuit pro conceſſo aſſumere me hoc negotium ſine debita conſideratione omiſiſſe, eum remittam prioribus meis epiſtolis, quibus conſtat conjecturam iſtam eſſe prorſus fundamento deſtitutam. Etenim, quæ ibi leguntur, ad Teleſcopia, more vulgato conſtructa, ſunt referenda, & id ſibi volunt, quod horum Teleſcopiorum perfectio expetenda non eſt ex aptiore vitrorum figura, ut arbitrabantur Optici. Non autem deſperavi ea perfici poſſe, ſi aliter conſtruerentur; qua de cauſa cavi ne quid inſererem, quod contrarium innuere poſſet. Nam, quamvis Refractiones quæ ſe, aliæ alias, excipiunt, & quæ eaſdem partes verſus fiunt, neceſſario majores reddere debeant errores primæ Refractionis; attamen fieri poſſe videbatur, ut, contrariis Refractionibus, inæqualitates adeo ſeſe mutuo corrigerent, ut earum differentia certæ Regulæ ſubmitteretur; quod ſi concinne perageretur, nulla difficultas ſupereſſet. Eo conſilio ad trutinam revocavi quid perfici poſſet, non ſolis vitris, ſed præcipue coagmentatione diverſorum mediorum ſibi ſuccedentium, puta, duobus aut pluribus vitris vel cryſtallis, quibus interjecta eſſet aqua, vel alius liquor; quæ omnia ſimul fungerentur vice unius vitri, præſertim objectivi; nam ex objectivorum conſtructione inſtrumenti perfectio maxime pendet. Quod autem compererim meditando, aut periculis a me factis, id evulgandi meliorem fortaſſe occaſionem offendam.

Aſſeritur, quod Radii minus accurate unum idemque punctum verſus a concava ſuperficie reflectuntur, quam a convexa refringuntur; cui aſſertioni aſſentire nequeo; neque concedere valeo in breviorem lineam ſe extendere poſterioris quam prioris Focum. Contrarium potius verum eſſe intelliges ex adnexa Tabella, quæ accommodata eſt tum ſuperficiei concavę reflectenti, tum convexæ refringenti. Suppono autem eas habere hiatus æquales, & Radios parallelos colligere ad æqualia ab earum Verticibus intervalla; quæ intervalla ſi dividantur in quindecim millia partium, earum ſexaginta millia continebit Sphærę concavæ diameter, at convexæ decem millia. Suppono etiam Sinus Incidentiæ & Refractionis eſſe, numeris rotundis, ut 2 ad 3. Iſta vero Tabella, quam ſubdo, oſtendit quantum Radii exteriores, pro variis hiatibus, a primario eorum Foco aberrent.

* Supervacaneum duximus Diſſertationem hanc de verbo ad verbum hic referre, quia in reſponſionis contextu ſunt præcipua capita ad Reſpondentem ſpectantia.

Digitized by Google

Hiatuum Diametri.	Axis Partes interceptæ inter Vertices & Radios.		Errores Per	
	Reflexi	Refracti	Reflexionem	Refractionem
2000	14991 $\frac{2}{3}$	14865	8 $\frac{1}{3}$	135
4000	14966	14449	33	551
6000	14924	13699	76	1301
8000	14865	12475	135	2525
10000	14787	9472	213	5528

Unde percipere potes, quod tantum abest ut errores geniti a convexa superficie refringente minores sint, ut potius sexdecim vicibus majores sint quam similes errores a concava reflectente producti, præsertim quando hiatus ingentes sunt; & insuper in hac computatione nullatenus spectavi ad heterogeneam Lucis constitutionem. Itaque, quantumvis harum Animadversionum Auctor contraria supponens, Reflexiones tanquam Opticæ promovendæ minus utiles rejiciat; ego tamen hac aliisque de caussis illas in speculatione Refractionibus anteferre debeo.

Utrum Parabolæ descriptio difficilior sit descriptione Hyperbolæ, & Ellipseos

- - - adhuc sub Judice lis est,

sed non video quod omnino necessarium sit aut harum aut illius descriptiones moliri. Nam, si Metallo accurate induci potest figura sphærica, tanta habebuntur Specula, quanta unquam probe perpoliri possint. De dioptricis autem Telescopiis, jam dixi quod tota difficultas versatur, non in vitri figura, sed in Refractionum inæqualitate; quæ si abesset, docere possem remedium melius & facilius, quam usus Sectionum conicarum.

II.

De parte theoretica.

Hactenus de activa, seu practica Optices parte. Nunc examen aggredior considerationum ad meas theorias pertinentium. Sed in illis nihil aliud facit Auctor, quam hypothesin non meam mihi tribuere; pugnare pro hypothesi, cujus præcipua pars contra me non facit; concedere maximam partem assertionum, quæ in mea Dissertatione continentur, dummodo per ejus hypothesin explicentur; & negare nonnulla, quæ vera ab experimentis declarantur.

III.

De hypothesi mihi per errorem tributa.

De hisce omnibus ordine disputabo. Et primo quidem de hypothesi, quam mihi adscribit his verbis: *Ast, recepta prima ejus suppositione, quod Lux est corpus, & quod quot in ea sunt Colores aut gradus, tot esse possunt corpora; quæ omnia simul composita*

Digitized by Google

posita gignunt Albedinem, &c. En, ut videtur, id quod accipit pro mea hypothesi. Verum quidem est, quod ex mea Theoria arguo Lucem esse corpus; at id non incunctanter assero, ut innuit verbum *fortasse*; id propono, ad summum, tanquam probabile doctrinæ meæ consectarium, non tanquam hypothesin qua, velut fundamento, doctrina stabiliatur, quinimo nec tanquam doctrinæ partem; quæ omnino superioribus Propositionibus continebatur. Et sane miror objectionum Auctorem, me tam parvæ memoriæ credere potuisse, ut, cum perquam asseveranter Theoriam meam asseruissem, deinde suppositionem ipsam, qua Theoria tota nitebatur, vix exili *fortasse* fulciverim. Si talem aliquam hypothesin adoptassem, id alicubi patefecissem; At sciebam illas, quas palam faciebam, Lucis proprietates aliquatenus explicari posse non solum hac, sed pluribus aliis mechanicis hypothesibus; & ideo eas omnes vitare decrevi, & de Luce loquens verbis uti generalibus, eam abstracte considerans, ut nonnihil, quod ex lucidis corporibus quoquoversum per rectas lineas propagatur, non determinans quid id esset; an confusa dissimilium Potestatum mistura, an ens quodcunque. Eadem ratione de Coloribus verba facere decrevi juxta sensuum testimonia, tanquam si, etiam nulla ad nos habita ratione, essent Lucis proprietates. Attamen juxta hypothesin mihi tributam, eos potius considerare debuissem tanquam Sensationum modificationes, quas in Mentem excitant varii motus, figuræ, & magnitudines corpusculorum Lucis variis modis mechanice Sensuum organa percellentium; & sic locutus in eo loco sum, in quo disputo utrum Lux sit corpus.

At demus me hanc hypothesin proposuisse; sane non video, cur Objectionum Auctor tantopere illam destruere laboret: Certe enim majorem habet affinitatem cum ejus hypothesi, quam ipse animadvertere videatur; siquidem ætheris vibrationes æque utiles ac necessariæ in utraque sunt. Nam, supponamus Radios Lucis esse corpuscula quoquoversum a fulgentibus substantiis ejaculata, hæc, cum in superficiem, sive refringentem, sive reflectentem impingunt, necessario debent in æthere vibrationes excitare, prorsus ut Lapides in aqua, cum in ea projiciuntur. Quæ, si supponantur nunc magis nunc minus profundæ vel crassæ, prout excitantur a Radiis istis corpuscularibus majori minorive magnitudine vel celeritate præditis, quam utiles sint ad explicandam Reflexionis Refractionisve rationem; Caloris productionem e Solis Radiis; emissionem Lucis e substantiis ardentibus, putrescentibus, aliisque, quarum partes vehementer agitatæ sunt; phænomena pellucidarum lamellarum, bullarumque, & omnium naturalium corporum; visionis rationem; Colorum differentiam, eorumque harmoniam & discordiam, quam, inquam, ad hæc omnia explicanda conducant vibrationes, cogitandum iis relinquo, qui operæ pretium se facturos putabunt, si ex hac hypothesi phænomenorum rationem reddiderint.

IV.

De Auctoris hypothesi, deque aptitudine, quam hæc & omnes aliæ mechanicæ hypotheses habent ad se meæ Doctrinæ accommodandas.

Secundo affirmavi, quod præcipua pars hypothesis ab Auctore propugnatæ, contra me non facit. Hæc præcipua hypothesis est; *quod corporum partes, vehementer & celeriter agitatæ, in æthere vibrationes cient, quæ ex his corporibus quoquoversum per rectas lineas propagantur, & Lucis sensationem concitant imum Oculum ferientes & impellentes, fere ut vibrationes in aere commotæ excitant soni sensationem feriendo auditus organum*. Nunc maxime naturalis & genuina hujus hypothesis traductio ad explicanda phænomena esse videtur in hunc modum; quod, nimirum, agitatæ corporum partes, pro variis, quibus præditæ sunt, magnitudinibus, figuris, & celeritatibus, æther commovent vibrationibus diversarum profunditatum aut magnitudinum, quæ promiscue per medium ad Oculos nostros usque propagatæ, nos albæ Lucis sensatione afficiunt; si autem aliquo pacto vibrationes inæquales disgregentur,

Digitized by Google

ampliores quidem, Coloris rubri; minores sive breviores, violacei saturi; & quæ inter has mediæ sunt, intermediorum Colorum sensationem excitant; fere prorsus ut corpora pro diversis magnitudinibus, figuris, & motibus aerem vibrationibus diversarum magnitudinum concutiunt, e quibus graviores aut acutiores sonitus toni, pro harum magnitudinum ratione exoriuntur. Quod ampliores vibrationes magis aptæ sunt ad superandam refringentium superficierum resistentiam, & ideo, dum per eas transmeant, minores patiuntur Refractiones; quapropter vibrationes magnitudine diversæ, id est, Radii diversimode colorati, qui in Luce misti sunt & confusi, ab invicem refractione separari debent, & ortum dare phœnomenis, quæ in Prismatibus atque aliis refringentibus corporibus perspiciuntur. Et quod a diversis lamellarum translucentium bullarumve profunditatibus pendet, utrum vibrationes a remotiori superficie reflectantur, sive transmittantur; ita ut pro numero vibrationum, quæ inter duas superficies fiunt, reflectantur, sive transmittantur ad plures ordine profunditates. Et, quoniam vibrationes, quæ cæruleum & violaceum Colorem efficiunt, suppositæ fuerunt breviores illis, quæ rubeum & flavum progignunt, ad minorem lamellæ crassitiem reflecti debent: quod sufficit ad explicanda omnia vulgaria phænomena harum laminarum, bullarumve, & omnium naturalium corporum, quorum partes pro totidem laminarum fragmentis haberi quodammodo possunt.

Atque hæ perquam planæ, genuinæ, & necessariæ leges hypothesis videntur. Et adeo bene meæ Theoriæ aptantur & cum ea consentiunt, ut, si animadversionum Auctor applicationem facere putat operæ pretium, verendum ei non sit, ne suam hypothesin ideo relinquere cogatur. Quomodo autem eam ab aliis difficultatibus defensurus sit, sane nescio; mihi quidem absurda videtur hypothesis, qua, veluti fundamento, cetera nituntur; quod, scilicet, unde sive vibrationes cujuscunque fluidi possint, ut Lucis Radii, per lineas rectas propagari absque eo quod sine intermissione, & certa regula sese extendant, & vim exerceant quoquoversum in quiescens medium, a quo circumcluduntur; aut contrarium vel experientia vel demonstratione potest ostendi, aut ego fallor. Quod vero attinet ad ceteras duas vel tres hypotheses, de quibus meminit, satius duco illas credere similibus incommodis obnoxias, quam suspicari deteriorem ab Auctore adoptatam fuisse.

Quæ de hac hypothesi dixi, facile ad quamcunque aliam mechanicam accommodare licet, in qua Lux progigni supponatur ex pressione aut motu quolibet, qui in æthere ab agitatis lucidorum corporum partibus excitatur; nam fieri non posse videtur, ut aliqua ex hisce motionibus pressionibusve per rectas lineas propagetur, & medium umbrosum illas hinc inde circumcludens quoquoversum, ut dixi, non propellatur. Siquis tamen hoc accidere posse arbitratur, saltem fateri debet, quod motus isti vel conatus ad motum in æthere producti a diversis cujusvis lucidi corporis partibus, quæ magnitudine, figura, & agitatione differunt, debent esse inæquales: Hoc autem sufficit, ut Lux, juxta quamlibet ex hisce hypothesibus, denominetur Aggregatum ex *Radiis dissimilibus*. Et, si primigeniæ istæ inæqualitates efficere possunt ut Radii Colore & Refrangibilitate differant, non video cur ii, qui alicui ex his hypothesibus adhærent, quærant alias horum effectuum caussas, nisi, (ut Auctoris utar argumento,) *velint Entia sine necessitate multiplicare*.

V.

De iis, quæ observationum Auctor concedit, & ad suam hypotesin coarctat.

Considerandа *tertio loco* venit lex, quam animadversionum Auctor concessionibus suis apponit; quod nempe explicanda mihi est Theoria mea per hypothesin suam; si enim illi in re ista morem gerere vellem, vix, ac ne vix quidem dissentiremus. Siquidem dat, quod Radii, nulla habita diversarum Incidentiarum ratione, diversas patiun-

patiuntur Refractiones; sed hoc explicari vult, non per diversas diversorum Radiorum Refrangibilitates, sed per æthereorum pulsuum divisionem refractionemque. Dat tertiam quartam, & sextam ex meis Propositionibus; quarum sententia est; quod simplices Colores omnis mutationis omnino sunt expertes, compositi vero mutari possunt, sed solum eos resolvendo in Colores, e quibus compositi sunt; & quod mutationes omnes, quæ Coloribus induci possunt, tantum oriuntur a diversis eorum misturis & separationibus. Sed hæc dat ea lege, ut Colores explicem per duo unius pulsus divisi latera, & sic illos ad duo omnino genera redigam, cunctis aliis Coloribus habitis pro variis horum duorum gradibus & misturis. Dat insuper, quod Albedo conficitur ex omnibus Coloribus coalescentibus; sed tunc fateri debeo id non solum effici horum Colorum mistione, sed etiam unione partium Radii, qui nuper divisus supponebatur.

Si ad istarum explicationum discussionem procedere vellem, arbitror, quod non difficulter monstrare possem, non tantum eas non sufficere, sed aliquatenus, quod saltem ad me spectat, intelligi non posse. Etenim, quamvis facile intelligam, quomodo motio dilatari & extendi possit, aut quomodo motiones parallelæ fieri possint divergentes; attamen intelligere nequeo, quo artificio motio linearis a refringente superficie valeat in infinitum dilatari & rarefieri, ita ut in superficialem degeneret: Et, hoc supposito, non magis intelligo, quomodo tantum dividatur in tam exiguum angulum, neque potius extendatur & dispergatur per totum Refractionis angulum. Præterea, quamvis mihi facile liceat intelligere quo pacto dissimiles motiones sese mutuo decussare & interferere possint; tamen bene intelligere non valeo, quomodo in unam eandemque uniformem motionem coalescere possint, ac deinde rursum separari, & pristinam dissimilitudinem recuperare; Veruntamen conjicio quibus rationibus observationum Auctor hæc explanare sit tentaturus. Item, quod directus, uniformis, & non perturbatus pulsus Refractione dividi & perturbari possit; sed obliquus & perturbatus persistat, & sequentibus Refractionibus non dividatur, neque magis ac magis perturbetur, mihi quidem intelligere non magis licet, quam cetera, nec Colorum numerus magna difficultate caret, ut infra videbimus.

VI.

Quod nulla hypothesi limitare aut explanare meam doctrinam necesse est.

Sed, quæcunque demum sint hujus hypothesis commoda vel incommoda, mihi, spero, ab iis perpendendis abstinere licebit, quod meam doctrinam nulla explicatione mutuata a quacunque hypothesi indigere opinor. Etenim, si Lux abstracte, & nulla cujuslibet hypothesis ratione habita, consideretur, facile possum intelligere, quod diversæ corporis lucidi partes emittunt Radios diversis Coloribus, aut aliis qualitatibus præditos Lucem constituentes, ut diversæ partes chordæ falsæ sive inæqualis, aut aqua inæqualiter agitata in rivo sive cataracta, aut diversi tubi, quibus Organum pneumaticum constat, uno eodemque tempore inflati, aut omnia, quotquot sunt, sonantia corpora simul edunt sonos diversorum tonorum, qui promiscue & confuse per aerem propagantur. Et, ut, si adessent naturalia corpora valentia reflectere sonos certi cujusvis toni, & ceteros restinguere vel transmittere, tunc Echo confusam omnium Tonorum congeriem in certum illum Tonum converteret, cui reflectendo corpus resonans idoneum est; sic, (quoniam, concedente ipso animadversionum Auctore, dantur corpora apta ad reflectendos Radios certi cujusdam Coloris, & ceteros aut restinguendos aut transmittendos,) possum facile intelligere, quod hæc corpora, si omnibus Coloribus permistis irradientur, illo solo, quem reflectent, Colore imbuta apparebunt.

Objectionum autem Auctorem difficultates in hæc innuentem, dum nescio quid dicit de fidium antequam percutiantur, aut aeris sonitu in Organorum pneumaticorum follibus, antequam ad Tubos perveniat, non magis intelligo, (faten-

dum

dum enim est,) quam siquis loqueretur de Luce in lignis antequam super focum reponerentur, aut in oleo, quod Lucerna continet, antequam, ad flammam alendam, in ellychnium ascenderet.

VII.

Difficultates, quae in observationum Auctoris dissertatione occurrunt, ab hypothesibus abstrahuntur, & generalius ponderantur.

Vides igitur quam alienum ab incoepto sit de hypothesibus disputare. Quapropter, denique, ex animadversionum Auctoris dissertatione difficultates excerpam, & eas, nulla hypothesium habita ratione, in genere considerabo. Illae autem ad hasce tres Quaestiones omnino redigi possunt.

Primo. *Utrum inaequales Refractiones, quae accidunt, quaecunque demum sit Incidentiarum inaequalitas, oriantur a diversa diversorum Radiorum Refrangibilitate; vel a divisione, extensione, aut separatione ejusdem Radii in divergentes partes?*

Secundo. *Utrum omnino sint duo Colorum genera, vel plura?*

Tertio. *Utrum Albedo sit omnium Colorum permistio?*

VIII.

Quod Radii non dividuntur neque aliter dilatantur.

Harum Quaestionum *primam* superius experientia definitam invenire potes; quae eo spectat, ut demonstretur longitudinem imaginis coloratae non oriri neque ex vitri inaequalitate, neque ex alia pravitate fortuito Refractiones deformante. Quarum pravitatum fortuitarum, nullam novi, quae facilius in mentem veniat, quam fortuita Lucis divisio aut extensio illi similis, quam *Cartesius* describit in suo libro de *Aethereis Refractionibus* Cometae caudam explicaturus, aut quam nunc animadversionum Auctor produci supponit a divisione vel rarefactione pulsuum suorum aethereorum. Quo harum pravitatum suspicionibus obviam irem, dixi, quod ad contrarias partes duobus Prismatibus, quorum unum post aliud positum erat, Lucem refregeram, eo consilio, ut secundum Prisma destrueret quidquid primum juxta Naturae leges effecerat, & palam faceret quidnam fortuito accideret, repetitis nempe Refractionibus haec adventitia augentibus. Nunc, si, inter cetera, primum Prisma disjunxisset ac discidisset quemque Radium in indefinitum divergentium partium numerum, secundum Prisma pariter singulas hasce partes in totidem indefinitos numeros iterum distraxisset & discerpsisset, qua re Imago magis adhuc fuisset dilatata, contra eventum. Id autem accidere debuisset, quia hae lineares divergentes partes aliae ab aliis, quod ad Refractionem attinet, non pendent, sed earum quaelibet est aeque verus & perfectus Radius, ac totus ille antequam in vitrum incideret, ut perspicies, si singulos seorsum intercipias.

Quam rationi consona sint haec, melius fortasse tibi apparebit, postquam, praeter jam relata, singulatim enarravero, quod aliquoties secundum Prisma primo transversum collocavi, sic periculum facturus, utrum oblonga Imago redderetur quadrata ob Refractiones quae eunt transversae iis, quae Imaginem rotundam in oblongam produxerant. Nam, si, inter alias fortuitas pravitates, primi Prismatis Refractio Radium linearem dividens illum in superficialem distraxisset; Refractiones secundi Prismatis ad prioris oppositas partes factae, debuissent, iterum dividendo, hunc superficialem Radium in solidum pyramidalem dilatare & diducere. Sed aliter, se rem habere, facto periculo, comperi; Imago siquidem aeque accurate oblonga erat ac ante, sed ad ambo Prismata angulo quadraginta quinque graduum inclinabatur.

Etiam tentavi, quid efficeretur Prismate alios situs obtinente, ejus extremitates in

Digitized by Google

in orbem agens circa meditullium ; & nunquam aliquid præter solitum observavi . Imago semper ad utrunque Prisma erat similiter inclinata ; & ejus latitudo Solis diametro respondebat, longitudo autem modo major, modo minor, prout Refractiones magis sese mutuo adjuvabant, vel destruebant.

His observationibus liquet , quod , quoniam Imaginis latitudo non augebatur ab oppositis secundi Prismatis Refractionibus , Refractio confecta fuerat sine Radii divisione aut dilatatione ; & ideo fatendum est , quod saltem Lux, quæ in hoc Prisma inciderat , erat congeries quædam Radiorum *inæqualiter refrangibilium* eo sensu, quo ego verba hæc accipio. Et, quoniam Imago erat ad ambo Prismata æqualiter inclinata, & idcirco similes utriusque Refractiones, hinc conficitur, quod eæ fiebant juxta eandem constantem Legem, sine ulla fortuita pravitate.

IX.

Quod Colores primigenii sunt plures , quam duo .

Ut *secunda* Quæstio solvatur , Auctor animadversionum affert periculum institutum duabus pixidibus cuneatis , de quo mentionem facit acutus *Hookius* in *Micographia* sua *Observ.* 10. *pag.* 73. Volebat autem hoc pacto Colores omnes extundere e duobus simul permistis . Sed duplici vitio exemplum hoc laborare videtur . Non enim constat , quod in hoc tentamine Colores omnes ex duobus prolati sint; neque, si id constaret, hinc conficeretur quod concludere volebat Auctor.

Non omnes Colores a duobus hoc experimento progigni , vel hinc liquet, quod tinctura Aloes , quæ horum Colorum unum præbebat , ubique non erat similiter Colorata, sed ad vasculi aciem flava apparebat, & rubea in locis aliis , in quibus altior erat, atque suppeditabat diversos omnes Colores , quotquot sunt a flavo diluto ad rubeum saturum aut coccineum usque , pro variis liquoris crassitudinibus . Eodem pacto solutio Cupri , quæ alterum Colorem præstabat , diversis cæruleis & indicis infecta erat . Ita ut non duo Colores , sed quamplures ad aliorum generationem adhibiti fuerint. Sic, exempli gratia , ad effingenda omnia viridium genera diversi Flavedinis gradus cum cæruleo diluto miscebantur ; atque elementa Purpuram componentia erant Colores coccineus atque cæruleus satur.

Jam si Auctor animadversionum contenderet varios illos rubeos flavosque , quibus pictus erat liquor unus, nec non cæruleos indicosque, quibus alter erat illitus, esse non Colores diversos, sed potius unius ejusdemque Coloris gradus ; id sane foret sibi pro concesso illud ipsum assumere, de quo disputatur : Neque difficilius dare possim, quod Triemitonium, vel Tertia minor, & Ditonum, vel Tertia major ; sive Hexachordum minus , vel Sexta minor , & Hexachordum majus , vel Sexta major , quarum usus est in Harmonicis frequens , sunt non duo soni diversi , sed potius gradus unius ejusdemque soni . Sane multo satius mihi videtur Sensibus credere , qui monent rubeum & flavum duos esse Colores differentes , & philosophicam Quæstionem instituere , quomodo liquor idem , pro variis crassitudinibus , apparere valeat modo hujus, modo illius Coloris; quam eos accipere pro eodem Colore, quia ab eodem liquore ministrantur. Quæ ratio si sufficeret, cæruleus & flavus pro eodem Colore forent habendi , siquidem ambo in ligni nephritici tinctura perspiciuntur. Quod autem sint duo Colores, melius, mea quidem sententia evincitur ratiocinio . Etenim Aloes tinctura ita natura comparata est, ut præ omnibus facillime transmittat Radios rubro Colore inditos, difficillime vero Radios violaceo præditos, & facilius difficiliusve Radios intermediis Coloribus infectos . Itaque liquor hic, ubi valde exilis est , satis virium habere potest, ut quamplurimos Radios violaceos intercipiat , quanquam quamplurimos ex diversimode coloratis transmittat ; qui Colores omnes commisti medium quendam , videlicet flavum languidiorem , debent componere . Sed, ubi adeo crassus est , ut plures cæruleos & virides intercipiat, reliqui virides, flavi, & rubei aureum conflare debent. Quando autem liquoris

Digitized by Google

ris crassitudo tanta est, ut perpauci Radii illum transjicere possint, præter rubeos, liquor ipse Colorem hunc ducere debet, & quidem eo magis saturum & obscurum, quo crassior est liquor. Eadem intelligenda sunt de pluribus cærulei gradibus, quos exhibet cupri solutio, quæ scilicet apta est ad facillime intercipiendos Radios rubeos, & transmittendos Radios cæruleo saturo, vel indico Colore imbutos.

Sed, ponamus, quod omnes Colores, secundum hoc experimentum, ex horum duorum permistione producere liceat; non tamen hinc conficitur duos illos tantum esse primigenios Colores; idque duplicem ob rationem; Prima est, quod hi duo non sunt Colores primigenii, sed ex aliis compositi; nullus etenim est in rerum natura liquor, corpus nullum, cujus Color diurnæ Luci expositus omnino simplex sit. Secunda vero est, quod quamvis hi duo essent primigenii, & quamvis reliqui omnes ex hisce duobus componi possent, non ideo sequeretur, quod obtineri alio pacto nequirent. Jam enim dixi Colores duas habere origines; cum Color, qui, sensu judice, unus idemque videtur, sit aliquando simplex, aliquando compositus; & satis perspicue docui in *Propositionibus tertia* & *quarta*, atque in *Conclusione*, quænam essent proprietates, quibus hæc duo Colorum genera, aliud ab alio, discernere liceret. Sed, quia nonnulla me ad credendum inducunt, quod non bene intellecta sit hæc distinctio, illam iterum explicabo, & exemplis planiorem faciam.

Colores illi primigenii sunt, qui nullo artificio mutari possunt, & quorum Radii omnes similiter refrangibiles sunt: Compositi autem Colores sunt illi, qui in alios converti possunt, & quorum Radii non sunt omnes similiter refrangibiles. Exempli gratia, ut dignoscas utrum Color, quo viride quoddam objectum imbutum est, sit compositus, necne; objectum illud transpice per Prisma, & si confusum vides, ejusque extremitates cæruleo, flavo, aliisve differentibus Coloribus pictas, viridis ille Color compositus est ex Coloribus, qui circa extremitates emergunt. Sed si vides distinctum, probe terminatum, & extremitatibus omnino viridibus circumclusum, nullo alio emergente Colore; viridis ille Color simplex est & primigenius. Eodem pacto, si refractus Lucis Radius in parietem album incidens viridem Colorem exhibet, nosces utrum Color sit compositus, si Radium interposito Prismate refringas; nam, siquam percipis dissimilem Refractionum rationem, & si viridis Color migrat in cæruleum, flavum, aut quosvis alios, hinc licet colligere illum compositum esse ex his, qui sic apparent. Si vero Refractiones omnes uniformes sunt, & si viridis Color nullam prorsus patitur mutationem, primigenius est atque simplex. Primigenium autem simplicemque ejusmodi Colorem viridem appello, quia talis Color hisce proprietatibus præditus nulla aliorum Colorum admistione produci potest.

Nunc, si duo viridia objecta Oculo nudo inspecta ejusdem Coloris videri possunt; quanquam alterum visum per Prisma appareat confusum aliisque Coloribus variegatum circa extremitates, alterum vero distinctum & omnino viride: & si dari possunt duo Lucis Radii, qui, album parietem incidentes, nudum Oculum eodem Colore percellunt; quorum tamen alterum transmissum per Prisma similiter eademque ratione refringatur, atque pristinum Colorem ipsissimum retineat, alterum vero dissimiles patiatur Refractiones, & in plures alios Colores divaricet: dabitur, opinor, duos hosce virides Colores differentem habere tum originem tum structuram. Et si, Colores miscendo, nunquam componere licet viridem iis proprietatibus præditum, quibus gaudet immutabilis ille viridis, hunc, puto, appellare fas est Colorem simplicem, præsertim cum ejus Radii similiter refrangibiles & omnino uniformes sint.

Eadem via ineunda est cum perpenditur utrum rubeus, aureus, flavus, cæruleus, & quivis alius Color compositus sit, necne. Atque, ut obiter dicam, quoniam omnia, quæ alba cernuntur, visa per Prisma, confusa & coloratis finibus circumscripta conspiciuntur, patet, quod Color albus, juxta distinctionem quam statuimus, compositus semper est, ut & complures alii Colores, quia valde confusi sunt, & Refractionibus mutabiles.

Digitized by Google

Hæc ansam præbent tibi enarrandi qua ratione perfici valeant Microscopia per Refractionem; si nimirum id, quod observandum venit, in obscurato cubiculo positum, irradietur Luce prædita idoneo aliquo Colore non admodum composito; hoc enim pacto Microscopium sine confusione majores Lentium diametros & latiores hiatus admittet, præcipue si constructa sint ea ratione, quam mox tradam; nam vulgaria hinc non multum emolumenti caperent.

X.

Quod albus Color ex omnibus aliis mistis constat.

Superest nunc, ut *tertiam* Quæstionem ponderemus, utrum scilicet Color albus sit homogeneus, an heterogeneus, & ex aliis omnibus compositus? Experimentum, quod ad eam persolvendam attuleram, animadversionum Auctor putat aliter explicari posse, & idcirco nihil probare. Sed sibi ipse facile satisfacere potuisset tentando quidnam ab omnium Colorum mistura conficeretur. Quinimo experimentum ipsum a me relatum ei satisfecisset, si pluribus modis illud excussisset. De uno ego loquutus fueram, cujus rationem nullam ab eo habitam video, quod nempe siquis Color prope Lentem intercipiatur, albus in alios degenerabit: si Colores omnes, præter rubeum, intercipiantur, unicus ille rubeus in puncto, ubi Radii concurrunt aut se decussant, album non constituet, sed æque rubeus, ac ante permanebit; atque idem dicendum est de ceteris Coloribus. Itaque ostendendum est, non solum quomodo Radii, qui, antequam coirent, exhibebant Colores, ubi concurrunt, album suppeditent; sed etiam, quomodo, in eodem loco, in quo singula Radiorum genera seorsum singulos Colores subministrabant, omnes simul confusi album efficiant. Exempli causa, si Color rubeus solus primum in papyrum transmittatur ad concursus locum, atque deinde alii Colores super rubeum hunc injiciantur, quærendum erit utrum hi Colores rubeum in album convertant ideo tantum, quod cum eo miscentur, eo pacto, quo cærulea Lux super flavam cadens ponitur viridem componere? Vel, utrum major quædam mutatio fiat in Coloribus, dum in se mutuo agunt, donec, ut contrariæ *Peripateticorum qualitates*, similes evadant? Quisquis hoc ultimum per leges mechanicas explicare volet, duas absurditates superandas offendet. Etenim primo debet ostendere, quomodo plures dissimiles motiones collisione ita in se invicem agant, ita mutuo se mutent, ut in unam eandemque uniformem coalescant; secundo, quo pacto uniformis motio valeat, nulla inæquali impressione superveniente, semet ipsa separare in quamplurimas motiones certa ratione inæquales. Et præterea me docere debet, quomodo omnia, quæ Oculis percipiuntur, eundem Colorem non ducant; idest, quomodo Colores in aere, ubi Radii a corporibus quoquoversum emissi perturbate miscentur, similes non evadunt antequam ad Spectatoris Oculum perveniant.

Quod si restaret aliquis dubitandi locus, satius esset quæstionis solutionem permittere experimento aliis rationibus tentato, quam assentiri explicationibus ab hypothesi ductis, & quæ, ut maxime, veræ esse possunt. Exempli gratia tentetur quam speciem induant hi Colores, dum se quamcitissime consequuntur. Quod facile perficere licet, si nempe celeriter convertatur rota pluribus radiis sive dentibus circa perimetrum instructa, quorum interstitia & crassitudines sint æquales, latitudines autem tantæ, ut, rota inter Prisma & album Colorum concursum posita, Colorum dimidium a radiis vel dentibus intercipiatur, dimidium per interstitia transeat. Rota sic disposita, eam principio lente convertes, ut videas Colores omnes unum post alium cadere in eandem partem papyri collocatæ ad eorum concursum; deinde rotæ motum accelera donec Colores se tam cito consequantur, ut singulos seorsum videre nequeas; & Color hinc exsurgens erit albus omnino similis illi, quem exhibet non refractus Lucis Radius, quando eadem ratione per vices interrumpitur radiis vel dentibus rotæ circumvolutæ. Quod autem Color ille

Digitized by Google

albus originem ducat ex Colorum sibi succedentium mistura, & nullo pacto ad similitudinem redactorum, certo certius est; nisi forte quę eodem tempore non existunt, tamen possunt mutuo in se agere.

Adsunt etiam aliæ veritatis detegendæ & in aperto ponendę rationes; puta, respiciendo albam Colorum coalitionem per alterum Prisma Oculis quampropius admotum, eorumque originem perpendendo; quod fiet, si quis aliquem Colorem intercipiat prope Lentem antequam ad album perveniat; tunc enim Color interceptus desiderabitur inter eos, quos secundum Prisma Albedini superinduxerat. Jam, si Radii, qui desunt, sunt illi ipsi, qui intercipiuntur, fatendum est Radios a secundo Prismate non imbui novis Coloribus, quos videlicet non haberent antequam in papyro coirent. Et hoc satis argumenti est, quod Radii differentibus Coloribus prędit manent distincti in Albedine, & quod a pręviis eorum affectionibus oriuntur Colores Prismatis secundi. Atque, obiter, quę de Radiorum Coloribus dicta sunt ad eorum Refrangibilitatem accommodari debent.

Hic etiam usurpari potest Rota, de qua supra mentio facta est; nam, si ea neque nimium lente neque nimium velociter circumagatur, licebit per Prisma videre Colores alios aliis succedentes, dum alius Spectator nudo Oculo album perspiciet.

De hoc experimento nonnulla quidem dicenda supersunt. Sed hæc sufficiunt, opinor, ad illud confirmandum, & controversiam dirimendam. Quidquid sit, pergam indicare alias rationes procreandi Coloris albi per mistiones; nam persuasum habeo hanc, pręceteris assertionibus, paradoxam videri, & omnium difficillimam quæ recipiatur. Et quoniam animadversionum Scriptor sibi poscit exemplum aliquod e corporibus diversimode coloratis petitum, hinc initium faciam. Sed circa negotium istud venit animadvertendum, quod ejuscemodi colorata corpora non totam Lucem, in ea cadentem, sed aliquam tantum reflectunt, ut constat ex decima tertia *Propositione*. Qua de causa Lux, quæ ab hac congerie reflectitur, languidior esse debet, utpote quę pluribus Radiis destituta fuerit. Idcirco vivida Albedo speranda non est, sed potius Color quidam inter Lucis & Umbræ Colores medius, aut leucophęus squallidusve Color, qualem albo & nigro simul mistis licet conficere.

Quod autem ejuscemodi Color hinc sit oriturus, colligi potest vel ex pulvere illo, qui in omnibus Domuum angulis adest, & qui constat ex multis coloratis particulis, ut jam observatum fuit. Potest etiam squallidus iste Color obtineri miscendo plura pigmenta, qualibus Pictores utuntur. Idem pariter conficietur Turbinem (quo Pueri ludunt) diversis Coloribus pingendo; qui, si verbere circumagatur, squallentis hujus Coloris videbitur.

Horum autem Colorum compositio proposito meo inservit, nam, non Coloris genere, sed tantum nitoris gradu ab Albedine discrepant: quod sic (si animadversionum Auctor negat) evincam. Solaris Lucis Radius in obscuratum cubiculum admittatur, ac Lux ista a corpore quomodocunque colorato reflexa papyrum irradiet: papyrus illa semper referet Colorem, quo imbutum est corpus Lucem reflectens, qua irradiatur. Si rubeum est corpus hoc, papyrus rubescet; virescet, si viride; atque ita porro. Cujus rei ratio est, quod fibrę, seu fili, quibus papyrus concrescit, pellucentes sunt omnes & ad speculi naturam accedunt; ejuscemodi vero corpora Colores nullo pacto mutatos reflectere norunt omnes. Ut igitur dispicias ad quodnam Colorum genus referendus sit leucophęus, in Luce ista colloca corpus aliquod Colore hoc tinctum, (puta, pigmentorum misturam,) albamque videbis papyrum, quam Lux a corpore illo reflexa illuminat. Quod etiam accidet, si papyrum irradies Luce, quam nigra corpora reflectunt.

Sunt igitur omnes hi Colores unius ejusdemque generis; verumtamen non solo nitoris gradu videntur differre, sed etiam quibusdam aliis inæqualitatibus, quibus magis Oculis molesti aut jucundi fiunt. Discrimen autem in eo situm videtur, quod leucophæi, & fortasse nigri, Colores conficiuntur ab inæquali Lucis defectu, pro-

Digitized by Google

prodeunte tanquam a pluribus venulis aut rivulis, qui discrepant sive Luminis quantitate, sive inęquali Radiorum diversimode coloratorum distributione; quales debent accidere, cum Lux reflectitur ab albi & nigri vel corpusculorum diversis Coloribus infectorum permistione. Sed, postquam Lux hęc male permixta, perfectius mista est dum iterum a papyro reflectitur, fit jucundior, atque languentem vel tenebricosam Albedinem subministrat. Quod vero discrimina hæc oriri possint ex tantillis vitiis, improbabile non videbitur reputanti quantas in ejusdem toni sonis varietates inducant inæquales & certa regula carentes dissonantiæ. Præterea, hæc discrimina sunt adeo exigua, ut aliquoties utrum omnino essent dubitaverim, cum animadverterem, quod duo corpora, alterum album, alterum nigrum juxta posita, sed hoc sub magna Luce, illud sub perexigua, ita ut corpora ipsa æqualiter luminosa viderentur, difficile discerni poterant, si e longinquo spectarentur, nisi quod nigrum magis ad cæruleum vergere videbatur, album vero, positum in Luce adhuc debiliori, nigrum apparebat.

Hæc me duxerunt ad aliam rationem componendæ Albedinis, quæ est hujusmodi; quatuor aut quinque corpora Coloribus magis splendentibus imbuta, aut papyrus tota Coloribus his apte dispensatis distincta & variegata, locetur sub Lucis Radio; & Lux, quæ ab hisce Coloribus ad aliam papyrum, commodo intervallo dissitam, reflectitur, eam albere faciet. Papyrus ad Colores propius accedat, & singulæ ejus partes singulos illos Colores repræsentabunt, a quibus propius absunt; removeatur, ut omnes ejus partes æqualiter omnes Colores recipiant, atque ii magis ac magis diluentur, donec papyrus perfectam Albedinem induat. Animadvertendum insuper venit, quod siqui Colores intercipiantur papyrus jam non alba apparebit, sed picta aliis Coloribus non interceptis. Nunc, nullam video rationem dubitandi utrum Albedo sit, necne, permistio Radiorum diversimode coloratorum & confuse super papyrum cadentium; etenim, si Lux evaderet tota sibi similis & uniformis antequam confuse in papyrum caderet, multo magis talis fieri deberet, cum ad Spectatoris Oculos post majus intervallum devenit; atque ideo Radii à diversis Coloribus promanantes inter se qualitate non differre deberent, sed omnes respicientis Oculum uno eodemque Colore ferire, contra experientiam.

Non dissimile exemplum illud est, quod, si polita Metalli lamina ita disponitur, ut in ea Colores tanquam in Speculo perspiciantur, atque ea deinde aspera reddatur, ut Colores isti confusa Reflexione misceantur, ipsi evanescent, & dum miscentur, Metallum album ostendent.

Sed hoc experimentum adhuc confirmemus. Si, non papyrus, sed alba spuma exiguis bullis constans illuminetur Radio a supradictis Coloribus reflexo, eam nudus Oculus albam videbit, qui tamen eximio Microscopio munitus diversos Colores distinctos in bullis perspiciet, tanquam si a pluribus sphæricis superficiebus reflecterentur. Ego quidem quampropius stans Oculo nudo singulas bullas diversis Coloribus variegatas vidi; & tamen, cum ita a spuma recessissem ut unamquamque bullam seorsum videre nequirem, spumam prorsus albam sum intuitus. Quinimo in eodem loco stans, si attentius bullas inspiciebam, in iis Colores optime videbam, si vero Oculos subcludebam (veluti siquid longe dissitum contuerer) quo res confusas viderem spumam Coloribus omnibus destitutam, & tantum albam conspiciebam. Quæ hic dixi de spuma, facile possunt intelligi de papyro & Metallo, in superioribus experimentis. Harum enim rerum partes a Speculorum natura non admodum discrepant; & fortasse ope optimi Microscopii, Colores promiscue ab his reflexos non minus intueri liceret.

Varia colorata corpora in ea ratione miscere, ut hi effectus excudantur, potest esse negotium subtilioris operæ consiliique; & satius erit adhibere Colores Prismate detectos & in parietem projectos, qui nempe reflexi Papyrum, Metallum, Spumam, atque alia alba corpora irradient. Ego quidem plerumque hoc pacto experimenta inivi, quia melius excludere poteram Lucem omnem dispersam, quæ, sese Coloribus immiscens, eos dilataret.

Digitized by Google

Ad hanc Albedinis componendæ rationem poteſt etiam alia referri ; cum ſcilicet miſcetur Lux poſtquam tranſmeavit pellucida colorata corpora : Exempli gratia, ſi Lux nulla in Cubiculum admittatur præter eam, quæ tranſit per coloratum vitrum, cujus ſingulæ partes ſingulis Coloribus diſtinctæ ſint in ratione prorſus æquali, tunc omnia, quæ alba ſunt in Cubiculo, videbuntur alba, dummodo vitro nimium propinqua non ſint. Attamen, Lux, qua illuminantur, uniformis eſſe nullo pacto poteſt; etenim, ſi Radii, qui Cubiculum ingredientes diverſis erant Coloribus imbuti, quamcumque, dum in Cubiculum progrediuntur, mutationem paterentur, qua ad unam eandemque formam revocarentur, vitrum eoſdem adamuſſim reddere Colores non poſſet, cum e remotiori Cubiculi parte ſpectatur, quos exhibet cum propius eſt Spectatoris Oculo : neque Radii in aliud obſcurum Cubiculum immiſſi per oppoſitum Oſtium aut medianum parietem terebratum in papyrum ſpeciem vel imaginem vitri ſuis Coloribus picti projicerent.

Atque, ut obiter dicam, hoc videtur exemplum vehementer urgens, & valde faciens pro nonnullis aliis Theoriæ meæ partibus, & præcipue pro decima tertia Propoſitione. Nam in Cubiculo illo corpora naturalia quæcunque propriis omnia Coloribus diſtincta apparent. Atque in eo Colorum phænomena, quæcunque ſunt in rerum Natura, ſive per Refractionem ſive abſque Refractione perficiantur, eadem ſunt quæ ſub dio. Cum autem Lux in hoc Cubiculo ſit permiſtio conſtans ex partibus diſſimilibus, qualem deſcripſi in mea Theoria, omnium horum phænomenorum cauſæ eæ ipſæ debent eſſe, quas aſſignavi. Et nullam video rationem, qua ducar ad ſuſpicandum ne eadem phænomena ex aliis ſub dio cauſis exoriantur.

Hujus tentaminis exitum facile colligere licet ex facie, quam res habent in Templo vel Sacello, cujus feneſtrę ſunt ex vitro colorato ; aut in aere aperto, cum Lucem recipit per nubes diverſis Coloribus imbutas.

Sunt adhuc aliæ rationes, quibus Albedinem excudi ; ut projiciendo diverſos duorum aut plurium Priſmatum Colores in unum eundemque locum; refringendo Lucis Radium duobus vel tribus Priſmatibus quorum unus excipiebat Lucem ab altero jam refractam, ut Colores divergentes iterum convergerent ; aliquem Colorem reflectendo alium verſus, & per Priſma inſpiciendo ſuperficiem pluribus Coloribus pictam ; atque etiam, (quod æquipollet jam memoratæ miſcendorum Colorum rationi concavis vaſculis coloratorum Liquorum plenis,) animadverti umbras vitreæ feneſtræ pictæ albas evadere, ubi illæ, quæ, a pluribus coloribus profluebant, ſeſe ad magnum intervallum decuſſabant. Attamen Animadverſor poteſt, ut ſcrupulum omnem removeat, tentare, ſi libet, quid conficiatur quatuor aut quinque concavis vaſculis liquorum pluribus diverſis Coloribus tinctorum repletis.

Præter hæc omnia, Colores, quos exhibent aqueæ bullæ, aliæque tenues pellucidæ ſubſtantiæ, complura ſufficiunt Exempla Albedinis eorum miſtura procreatæ ; e quibus unum huic argumento finem imponet. Aqua, in qua commoda ſaponis quantitas diſſoluta ſit, commoveatur donec in ſpumam concreſcat ; Deinde ſpuma omnino quieſcere permittatur neque amplius moveatur, quouſque perſpicias quod bullæ, quibus conſtat, incipiunt ſe diſrumpere ; tunc ſingularum bullarum vertices magna Colorum varietate diſtincti apparebunt, ſi tamen ſpumam valde prope diſpicias ; ſi vero eam intuearis a tanto intervallo ut Colores ab invicem diſtinguere nequeas, ſpuma perfecte alba videbitur.

XI.

Quod experimentum Crucis *tale eſt*.

Hactenus de conſilio & ſumma animadverſionum Obſervatoris. Superſunt tamen aliqua, de quibus mihi loquendum eſt antequam manum e Tabula tollam ; ut de *Experimento Crucis*, quod negat. Illud tanquam totius orationis meæ fundamentum ha-

Digitized by Google

habueram ; Contra illud idcirco converti debebat tota objectorum vis . Sed mihi persuadere non possum quod non satis probet quia simpliciter & nulla addita ratione negatur . Proclivis sum ad opinandum illud male intellectum fuisse ; ceteroquin omnibus quæ de Radiorum rarefactione & divisione dicta fuerunt , obviam ivisset : Siquidem eo spectabat, ut evinceretur quod Radii diversis Coloribus prædití , seorsum considerati , Refractiones patiuntur inæquales , quanquam ad eumdem angulum incidant ; cum tamen non dividantur , rarefiant, aut quocunque alio pacto dilatentur .

XII.

Nonnulla attentius consideranda .

Animadversionum Auctor primam & secundam ex meis Propositionibus excutiens , reddidit doctrinam meam valde imperfectam atque mutilam , eam omnino explicans per Radiorum divisionem . Mihi tamen propositum erat ostendere , quod hæ Refractiones perficiuntur sine ista supposita anomalia , de quo experimentum Crucis illum monere debuisset . Atque, ut generaliter loquar , video præcipua, quæ innueram ; & quibus Propositiones meas stabilire volueram , ejus considerationem fugisse , dum illas per hypotheses explicare laborat : hujus generis sunt immutabilitas gradus Refrangibilitatis , qui ad unumquodque Radiorum genus pertinet ; stricta analogia , quæ est inter Refrangibilitatis gradus atque Colores ; distinctio , quæ compositos a simplicibus Coloribus disociat ; immutabilitas Colorum simplicium ; assertio quod, si quis ex Coloribus a Prismate prolatis prorsus intercipiatur , Colorem illum superstes Lux nullo pacto reparare potest, quantumvis refringatur aut reflectatur . Quapropter nunc expendatur, peropto , quantæ vis quantique momenti sint hæc ad Theoriam meam corroborandam .

ARTIC. XVIII.

SUMMARIUM.

Epistolæ nuper scriptæ Lutetiæ Parisiorum *ab Ingenioso quodam viro , in qua continentur animadversiones nonnullæ in* Nevvtoni doctrinam de Coloribus , *& in ea quæ conficiunt inæquales Radiorum Refractiones in Telescopiorum vitris .*

Transf. Philos. 21. Mens. Julii An. 1673. Num. 96. pag. 6086.

VIdi quo pacto *Nevvtonus* Theoriam suam de Coloribus sustinere contendat ; mihi quidem videtur capitalem quęstionem , quę in *Nevvtonum* facta fuerit, esse , utrum sint plura quam duo Colorum genera ? Ego quidem opinor quod hypothesis , quæ mechanice & ex motus natura Colores flavum , viridem , & cęruleum explicaret , ad aliorum omnium rationem reddendam sufficeret , eo quod hi , si tantum magis obscuri & saturi fiant , progignunt , (ut constat ex *Hookii* Prismate ,) rubeum & viridem obscuros aut saturos ; ceteri vero Colores omnes ex hisce quatuor componi possunt . Neque perspicio , cur *Nevvtonus* duobus Coloribus flavo & cęruleo contentus non sit ; quandoquidem inventu multo facilior est hypothesis aliqua a motu pendens quę explicet hęc duo discrimina , quam altera quę tot diversitatum rationem reddat , quot sunt alii Colores . Neque , donec ejusmodi hypothesin commentus fuerit , dici poterit nobis illum ostendisse quid sit illud , in quo Colorum natura & discrimen sita sunt, sed solum *Accidens* hoc, (sane magni faciendum ,) videlicet *diversam* eorum *Refrangibilitatem* .

Quod

Digitized by Google

Quod dicitur Albedinem constitui a Coloribus omnibus simul commistis, fieri potest, ut flavus & viridis ad eam præstandam fortasse sufficiant; atque ejus rei periculum facere operæ pretium est; & perfici potest experimento, quod *Nevvtonus* proponit, si nempe muro Cubiculi obscurati excipiantur Colores, quos Prisma exhibet, & Lux eorum reflexa in papyrum projiciatur. Tunc cavendum est ne Colores, qui extremitates occupant, videlicet rubeus atque purpureus, in parietem impingant, in quem mittendi dumtaxat sunt Colores intermedii, flavus nempe, viridis, & cęruleus, quo dispiciatur an non Lux ex hisce solis promanans æque papyro Albedinem inducat, ac cum ex omnibus profluebat. Quinimo, lucidior flavi Coloris pars fortassis idem efficere posset; animus est ejus rei periculum instituere cum primum opportunitatem nactus fuero, hęc enim suspicio hoc ipso temporis momento primum in mentem incidit. Interea vides, quod, si successu hęc experimenta non destituantur, asseri nequit omnes Colores necessario ad hoc requiri ut Albedo componatur, & quod valde probabile est, alios omnes esse magis vel minus saturos Coloris rubei ex cęrulei gradus.

Denique, quod attinet ad inęquales Radiorum Refractiones in Telescopiorum vitris, certum est, quod experientia non consentit cum iis, quæ *Nevvtonus* affirmat. Vides enim imaginem in Cubiculo exhibitam vitro objectivo duodecim pedum adeo distinctam & bene definitam esse, ut fieri non possit eam exoriri a Radiis aberrantibus quinquagesima hiatus parte. Itaque Refrangibilitatum discrimina, (ut antea me tibi dixisse puto,) non semper fortasse sequuntur eandem proportionem dum Radii nunc multum, nunc parum ad vitri superficiem inclinantur.

ARTIC. XIX.

Excerptum ex Epistola ab Isaaco Nevvtono *ad Editorem data* Cantabrigiæ *A. D. tertium Mensis Aprilis* An. 1673., *in qua agitur de Colorum numero, de illis omnibus necessario miscendis, ut Albedo componatur, deque causa, qua imago per vitra in obscuratum Cubiculum intromissa tam distincta apparet, quamvis Radii inæqualiter refringantur.*

Transf. Philos. *6.* Mens. Octobr. An. *1673.* Num. *97.* pag. *6108.*

MIhi videtur, quod N. non utitur genuina ratione perpendendi Colorum naturam, dum illos, qui jam compositi sunt, componere pergit. Potius fortasse sibimet ipse satisfecisset, si Lucem, quantum Arte perficere licet, in Colores resolvisset, ac deinde singulorum horum Colorum proprietates examinasset; atque postea periculis detegere instituisset quidnam oriretur, si duo, vel plures, vel denique omnes Colores iterum jungerentur; atque tandem, si eos rursum ad hoc segregavisset, ut perspiceret quasnam mutationes secunda conjunctio illis induxisset. Nuper ostendi, quod Colores omnes ex flavo & cæruleo reipsa nequeunt obtineri, unde consequitur fundamento destitutas esse hypotheses illas, quæ id fieri posse supponunt. Si petatur quinam Colores ex flavo & cæruleo nequeant extundi; respondeo omnes illos, quos primigenios statui; & si contrarium experimentis ostendatur, me in errorem incidisse confitebor. Neque facilius est hypothesim aliquam moliri assumendo duos tantummodo Colores esse primigenios, quam indefinitam eorum varietatem admittendo; nisi forte facilius sit supponere corpusculis aut pulsibus æthereis dumtaxat inesse duas figuras, magnitudines, & velocitatum aut virium gradus, quam earum rerum indefinitam varietatem constituere; quæ suppositio sane foret absurda. Nemo indefinitam fluctuum in Mare, vel arenarum in litore varietatem miratur; quæ si duarum omnino magnitudinum essent, exhiberent phænomenum plane conceptu difficile. Mihi quidem mirum videretur, si diversæ corpusculorum lucidum corpus constituentium partes, quæ supponi debent diversis predite figu-

Digitized by Google

figuris, magnitudinibus, & velocitatibus, duo tantum motionis genera adjacenti medio æthereo imprimerent, aut alia quacunque ratione duo solummodo Radiorum genera sufficerent. Sed, extra propositum meum est perpendere quo pacto Colores per hypotheses explicari possint. Quinimo neque mihi animus est ostendere in quo versetur Colorum natura atque discrimen; sed tantum commonstrare, quod illi *de facto* sunt primigeniæ & immutabiles qualitates Radiorum illos exhibentium; aliisque relinquere curam harum Qualitatum naturam atque discrimen per mechanicas hypotheses explanandi; quod negotium non difficile reor. Non tamen hæc intelligi vellem, quasi totum Colorum discrimen positum esset in *diversa* horum Radiorum *Refrangibilitate*; etenim *diversa Refrangibilitas* hac una ratione illorum productioni conducit, quod Radios, quorum sunt qualitates, disjungit. Hinc sequitur, quod iidem Radii eosdem exhibent Colores, quando aliis modis separati sunt, ut eorum *diversa Reflexibilitate*, de qua qualitate nihil hactenus dictum fuit.

Deinde N. ostendere conatur, quod, ad hoc ut Albedo componatur, non omnes Colores necessario miscendi sunt. At, si misceantur flavus, viridis, & cæruleus, sine rubeo & purpureo, ut ille ad hoc ipsum proponit, habebitur non Albedo, sed Viriditas; & fulgentissimæ flavi Coloris partes nullum alium Colorem, nisi flavum, subministrabunt, si experimentum instituatur in Cubiculo bene obscurato, ut opus est; quia Lux colorata valde Refractione debilitatur, & ideo fit aptior, quæ a quavis alia vaga Luce sese illi permiscente diluatur. Veruntamen adest unum aut alterum experimentum nuper memoratum, quibus apparet me Albedinem elicuisse ex duobus tantummodo Coloribus, & quidem pluribus modis; ut ex aureo & cæruleo saturo; ex rubeo & cæruleo diluto; ex flavo & purpureo, & ex aliis intermediorum Colorum paribus. Experimentum magis accomodatum ad id perficiendum est cum unius Prismatis Colores mittuntur apta quadam ratione super Colores alterius Prismatis. Sed non video hinc sequi, quod N. contendit. Siquidem duo Colores illi ex aliis compositi erant; & idcirco Albedo inde exsurgens, (si proprie loqui velimus,) ex illis omnibus composita erat, & ex duobus tantum secundo composita. Exempli gratia, Color aureus compositus erat ex rubeo, aureo, flavo, & aliquo viridi; cæruleus ex purpureo, cæruleo saturo, cæruleo diluto, & aliquo viridi, cum omnibus eorum intermediis gradibus; unde patet, quod aureus & cæruleus simul conficiebant omnium Colorum congeriem, quibus Albedo constituitur. Sic, si quis pulveres rubrum, aureum, & flavum misceat ad componendum aliquem aureum; & viridem, cæruleum atque purpureum ad conficiendum aliquem cæruleum; & denique has misturas permisceat ad obtinendum Colorem cinereum; hic cinereus, quamvis secundo compositus ex duabus dumtaxat misturis, tamen ex omnibus sex pulveribus non minus componitur, quam si pulveres isti uno eodemque tempore omnes permisti fuissent.

Hæc adeo sunt plana, ut nullum superesse posse scrupulum mihi habeam persuasum, iis præsertim, qui norunt quo pacto sit investigandum utrum Colores sint simplices vel compositi, & ex quibus Coloribus constent; quod, cum alio loco fuerit explicatum, hic repetere necessarium non duco. Quapropter, si N. vult aliquid evincere illi ostendendum est quomodo liceat Albedinem conficere ex duobus Coloribus simplicibus; quod cum ostenderit, tunc ei dicam quare nihil inde conficere potest. Sed, nullum, credo, ejuscemodi experimentum inveniri potest, nam, quantum memini, olim periculum feci miscens, ordine, omnia simplicium Colorum paria; &, licet harum misturarum nonnullæ, essent dilutæ, & propius, quam aliæ, ab Albedine abessent, nulla tamen vere alba dici poterat. Sed, cum aliquot Anni jam præterierint, ex quo factum fuit experimentum hoc, non bene satis circumstantiarum memini; quapropter aliis iterum tentandum commendo.

Postremo, si credidissem, quod imago, quam (exempli causa) vitrum objectivum duodecim pedum projicit in obscuratum cubiculum, tantum contra me faceret, eo quod distincta est, quantum N. libet affirmare, Theoriam meam in hoc deseruissem, antequam eam proponerem. Nam, quod hanc difficultatem cogitatione

ne

ne comprehenderim, conjicere potes ex eo, quod alicubi in mea prima Epistola, ad hoc ipsum spectans, aio me mirari, quod Telescopia ad tantam perfectionem perducta sint Refractionibus, quæ tam extra regulam vagantur. Sed, hanc difficultatem sublaturus, dicam, quod, quamquam ponam maximam aberrationem, qua Radius alter ab altero distat, esse circiter quinquagesimam vitri Diametri partem, attamen, maximum spatium, quo distant a punctis in quæ cadere deberent, est solummodo centesima hujus Diametri pars. Præterea Radii, quorum tanta est aberratio, pauci videbuntur, si conferantur cum illorum numero, quibus accuratior Refractio contingit. Quandoquidem Radii, qui cadunt circa vitri meditullium satis accurate refringuntur; quod etiam accidit iis, qui, cum prope perimetrum cadant, præditi sunt mediocri Refrangibilitatis gradu. Supersunt igitur soli Radii, qui & cadunt circa perimetrum & aut nimium aut non satis refringuntur, qui imaginem, quantum sensibus percipi valeat, confusam reddant. Qui præterea, adeo debilitantur, eo quod per magnum spatium dispergantur, ut Lux, quæ cadit in puncta in quæ cadere debet, infinities densitate superet eam, quæ circa illam in orbem diffunditur. Hæc assertio, puto, paradoxa videri potest, tamen certe demonstratione firmari valet. Quinimo, etiamsi Lux, quæ transit per medias vitri partes, tota interciperetur, tamen Lux, quæ superest, ad puncta, ad quæ debet, conveniret infinities densior quam ad alia loca. Et hoc densitatis excessu fieri potest, opinor, ut Lux quæ cadit in ipso puncto, in quod cadere debet, aut ita prope, ut intervallum Oculorum aciem fugiat, *Sensorium* tanta vi percellat, ut cum ea collata, percussio Lucis aberrantis, quæ circa illud in orbem extenditur, satis fortis non sit ut animadvertatur, sive ut imagini confusionem inducat magis a sensibus discernendam, quam quæ experientia comperitur.

Hæc, puto, sufficiunt ad ostendendum quo pacto imago adeo distincta appareat, quamvis unam eandemque legem Refractiones non servent. Quibus si contentus non est N., tentare potest, si libet, quam distincta sit hæc imago, cum tota Lens tecta est, præter duo foramina posita utrinque juxta ejus extremitates; &, si, rebus sic stantibus, dignatur metiri latitudinem Colorum hoc pacto exsurgentium ad solaris imaginis extremitates, inveniet fortassis, quod propius accedunt proportioni a me indicatæ, quam expectat.

ARTIC. XX.

Responsio (ad superiorem Epistolam) ad Editorem data A. D. decimum Mensis Junii An. 1673. ab eodem Parisiensi Philosopho, qui nuper dictus fuerat scripsisse Epistolam jam relatam sub Num. *96.* pag. *6086.*
Transact. Philosophic.

Ibidem pag. *6112.*

QUod attinet ad solutiones a *Nevvtono* relatas diluendi causa difficultates, quæ proposueram in ejus Theoriam de Luce & Coloribus, illis respondere possem, quin & novas difficultates afferre; sed, cum observaverim, quod *Nevvtonus* sententiam suam tuetur multa cum contentione, disputationem aggredi nolo. Sed, quid sibi voluit, obsecro, cum dixit, quod, etiamsi *ostenderim quomodo liceat Albedinem componere ex duobus simplicibus Coloribus, tamen nihil inde conficere possem?* Ast ipse asseruit ad Albedinem constituendam omnes Colores primigenios esse necessarios.

De ratione, qua conciliat vitrorum convexorum effectum, dum tam accurate Radios congregant, cum propositionibus, quas ipse statuit de inæquali Refrangibilitate, plane mihi satisfecit. Attamen fateri debet, quod hæc Radiorum aberratio non est tantum opticis vitris damnosa, quantum ipse nobis suadere voluisse videtur, cum

pro-

Digitized by Google

proposuit Specula concava tanquam sola, quibus spes esset perficiendorum Telescopiorum. Optimum quidem est ejus cogitatum, sed Metalli defectu nunquam actu perfici posse videtur, ut formarum conficiendarum difficultas ab usu removet *Cartesii hyperbolas*. Itaque, mea quidem sententia, opera danda est vitris sphæricis, quæ jam de nobis tam bene meruerunt, & quæ majorem adhuc perfectionem suscipere possunt, tum si Telescopiorum longitudo augeatur, tum si vitri ipsius natura corrigatur.

ARTIC. XXI.

Nevvtoni *ad superiorem Epistolam responsio, qua dilucidius explanatur ejusdem* Theoria de Luce *&* Coloribus, *& præsertim de Albedine; quaque exponitur spes perficiendorum Telescopiorum ope Reflexionum potius quam Refractionum, quam adhuc habet.*

COlorum negotio, cum dixi quod quando N. ostendisset *quomodo Albedo ex duobus simplicibus Coloribus obtineri possit, ei dicerem quare nihil ex hoc conficere possit*; id mihi volebam, quod hæc Albedo, (si qua tamen est) non easdem Proprietates haberet ac Albedo illa, ad quam respiciebam cum *Theoriam* meam describerem, hoc est, ac Albedo, qua immediata Solis Lux prædita est; quæ passim sensus nostros percellit; & cujus hucusque phænomena consideraveram. Et quod hęc proprietatum diversitas evinceret duas has Albedines esse diversæ naturæ: ita ut isthæc Albedinis generatio non modo meæ Theoriæ non adversaretur, quin etiam illam potius illustraret atque confirmaret; cum ex discrimine, quod inter hanc & alias Albedines intercedit, liqueret alias non, ut hanc, duobus tantum Coloribus componi. Qua de causa si N. aliquid probare vult, necesse est ut ex duobus primigeniis Coloribus Albedinem extundat, quæ non solum Oculo nudo ceteris Albedinibus similis videatur, sed etiam cum illis in omnibus aliis proprietatibus conveniat.

Ut autem intelligatur quænam discrepantia inter ejuscemodi Albedinem & alias intersit, & quo pacto hinc sequatur alias esse aliter compositas, hanc Thesin supponam.

Compositus aliquis Color resolvi nequit in plures simplices Colores, quam quibus est compositus.

Id videtur evidens per se ipsum, & periculum feci pluribus rationibus, & hac pręcipue. Sit (*Fig.* 10. *Tab. II.*) α oblongum albæ papyri frustum latum pollicis triente aut quadrante circiter, & irradiatum in obscuro Cubiculo duobus Coloribus commistis, quos duo Prismata in illud injiciunt; hi Colores sint, exempli gratia, satur cęruleus & coccineus, quorum quilibet esse debet, quantum commode fieri potest, simplicissimus; deinde ab illa papyro digressus satis magno intervallo, puta, octodecim aut viginti quatuor pedibus, eam intuere per vitreum vel crystallinum Prisma triangulare atque perspicuum papyro parallele positum; atque dispicies duos Colores a se mutuo remotos tanquam duas papyri imagines, ut delineatæ sunt in β & γ: hic autem β coccineum Colorem, & γ cęruleum repręsentat; neque interest viridis aliusve Color quicunque.

Nunc ex jam posita thesi hęc duo colligo.

Primo, quod, si reperiri potest aliqua ratio, componendæ Albedinis ex duobus tantum Coloribus simplicibus, hęc Albedo iterum resolvi non poterit in plures, quam in duos.

Secundo, quod, si aliæ Albedines, ut ea qua prædita est solaris Lux, &c., resolvi

ſolvi poſſunt in plures, quam in duos Colores ſimplices, (ut poſſe experientia comperio,) eæ compoſitæ debent eſſe ex pluribus, quam ex duobus.

Ut hæc planiora fiant, ſit A (*vide eandem Fig.* 10.) album corpus illuminatum a directo Radio Solis in obſcurum Cubiculum per anguſtum foramen intromiſſo; & ſit α aliud ſimile corpus irradiatum a duobus Coloribus ſimplicibus commiſtis, qui, (ſi fieri poteſt) illi album Colorem omnino ſimilem Colori ipſius A inducant: deinde a ſatis magno intervallo reſpice per Priſma utramque hanc Albedinem; atque A quidem diſpicies mutatam in ſeriem cunctorum Colorum, rubei, flavi, viridis, cęrulei, purpurei, cum intermediis eorum gradibus ordine ſibi ſuccedentibus ex B in C. Sed α, juxta memoratum experimentum, in duos Colores illos, ex quibus compoſita fuerat, & eos quidem non conterminos, ut Colores qui ſunt in B C, ſed inter ſe diſſitos, ut ad β & γ, propter inęqualem Refrangibilitatem Radiorum, ad quos pertinent. Atque hoc pacto, duabus hiſce Albedinibus collatis, manifeſtum erit eas eſſe diverſimode conſtitutas, & A ex pluribus, quam α, Coloribus conſtare. Ita ut opinio, pro qua pugnat N., acceſſione novi generis Albedinis potius Theoriam meam promoveat, quam contra eam faciat. Sed nullam hujuſce Albedinis componendæ ſpem video.

De eo, quod dicit N., *quod*, ſcilicet, *ego meam doctrinam non ſine contentione tuear*, fateor aliquantiſper mihi injucundum eſſe eaſdem offendere objectiones quibus antea reſponderam, nulla adjecta ratione, cur meæ reſponſiones non ſufficiant. Illæ totæ ad id ſpectabant, ut oſtenderent alios exiſtere ſimplices Colores pręter cęruleum flavumque. Exemplum attuleram ſimplicem vel homogeneum viridem, qualis confici nequit miſtione cærulei & flavi, ſive aliorum Colorum quorumlibet. Pariter demonſtraveram, cur, etiamſi Colores omnes ex duobus componere liceret, non tamen inde ſequeretur hoſce duos eſſe ſolos Colores primigenios. Cujus aſſertionis rationes compares, obſecro, cum iis, quæ nunc de Albedine dicta ſunt. Item, quod omnes Colores neceſſario requirantur, ut Albedo componatur, conſtare poteſt ex illo experimento, in quo affirmavi, quod, ſi quis Color prope Lentem intercipiatur, Albedo, (quæ ex illis omnibus exſurgebat,) in eum Colorem, qui componitur ex reliquis, mutabitur.

Nihilominus, quia nonnulla male accepta fuiſſe videntur, quid de hoc argumento ſentiam ſequenti methodo paulo magis aperire conabor.

DEFINITIONES

DEFIN. I.

Lucem homogeneam, ex partibus ſimilibus conſtantem, aut uniformem eam appello, cujus Radii ſunt æqualiter refrangibiles.

DEFIN. II.

Heterogeneam autem illam, cujus Radii ſunt inęqualiter refrangibiles.

SCHOLIUM.

Tres ſunt Lucis affectiones, quibus Radios diſcrepare deprehendi, videlicet *Refrangibilitas*, *Reflexibilitas*, & *Color*; qui autem Radii Refrangibilitate congruunt, congruunt etiam duabus aliis affectionibus, & idcirco bene vocari poſſunt homogenei, pręcipue cum paſſim illa homogenea dicere ſoleamus, quæ talia ſunt qualitatibus, quas dignoſcere valemus, quamlibet aliis qualitatibus, ad quas cognitio noſtra ſe non extendit, ſint fortaſſis aliquatenus heterogenea.

D E-

Digitized by Google

DEFIN. III.

Colores simplices vel homogeneos illos voco, qui ab homogenea Luce ministrantur.

DEFIN. IV.

Compositos vero vel heterogeneos illos, qui ab heterogenea Luce exhibentur.

DEFIN. V.

Diversos Colores nuncupo non modo eminentissima eorum genera, nempe rubeum, flavum, viridem, cæruleum, purpureum, sed etiam omnes alios tenuissimos gradus; prorsus ut in Musicis non tantummodo gradus eminentissimi, sed omnes quoque minimi pro diversis Sonis habentur.

PROPOSITIONES

PROPOSITIO I.

Lux Solis constat ex Radiis, qui indefinitis Refrangibilitatis gradibus discrepant.

PROPOSITIO II.

Radii, qui Refrangibilitate differunt, postquam disjuncti sunt, proportionaliter discrepant Coloribus, quos exhibent.

Hæ duæ *Propositiones* facti sunt.

PROPOSITIO III.

Tot sunt simplices aut homogenei Colores, quot Refrangibilitatis gradus.

Siquidem ad singulos Refrangibilitatis gradus pertinent diversi Colores, (*per Propos. II.*,) & horum Colorum quisque simplex est, (*per Defin. I.*, & *III.*)

PROPOSITIO IV.

Albedo, quæ omnino & in totum similis sit illi, qua prædita sunt immediata Solis Lux, & ea quæ sensibus nostris percipi solent, componi nequit ex duobus tantummodo Coloribus simplicibus.

Etenim, ejuscemodi compositio constabit ex Radiis duos dumtaxat Refrangibilitatis gradus habentibus, (*per Defin. I.*, & *III.*;) qua de causa similis esse non potest ei, quæ Solis Lucem constituit, (*per Propos. I.*;) neque, ob eandem rationem, ei quæ inest rebus albis, quas dispicere solemus.

PROPOSITIO V.

Albedo, quæ omnino & in totum similis sit illi, qua prædita est immediata Solis Lux, componi nequit ex simplicibus Coloribus, nisi adsit indefinita eorum varietas.

Nam, ut talis exoriatur compositio, requiruntur Radii præditi indefinitis Refrangibilitatis gradibus, (*per Propos. I.*;) hi vero secum trahunt totidem Colores simplices, (*per Definit. I.* & *III.*, atque *Propos. II.*, ac *III.*)

Ut isthæc aliquanto planiora fiant, affero etiam Propositiones sequentes.

Digitized by Google

PROPOSITIO VI.

Radii Lucis in se vicissim non agunt, dum per idem medium transeunt.
Constat ex nonnullis superioribus locis, & ulteriorem probationem admittit.

PROPOSITIO VII.

Radii Lucis nullam, dum refringuntur, Qualitatum mutationem patiuntur.

PROPOSITIO VIII.

Neque postea ex adjacente quieto medio.

Hæ duæ Propositiones manifestæ sunt *de facto* in homogenea Luce, cujus neque Color neque Refrangibilitas ullo pacto possunt mutari sive per Refractionem sive per quiescentis medii terminationem. Sed, quod attinet ad Lucem heterogeneam, quoniam ea nihil est nisi congeries plurium generum Lucis homogeneæ, cujus quodlibet genus non magis immutatur, quam si solum esset, quia Radii in se vicissim non agunt, (*per Propos. VI.*,) sequitur, quod congeries ipsa nullam mutationem pati possit.

Duas istas Propositiones melius evincere singillatim licet experimentis nimis longis, quam quæ hic describantur.

PROPOSITIO IX.

Nullus homogeneus Color Refractione potest e Luce excudi, qui antea permistus in ea non fuerit.

Siquidem (*per Propos. VII.*, & *VIII.*,) Refractione Radiorum qualitates non immutantur, sed solummodo dissociantur, ope diversæ Refrangibilitatis, illi, qui diversis qualitatibus præditi sunt.

PROPOSITIO X.

Solis Lux est congeries constans ex indefinita homogeneorum Colorum varietate.

Constat ex Propositionibus I., III., & IX.

Hinc est, quod homogeneos Colores etiam primigenios appellavi.

Et hæc quidem de Coloribus dicta sint satis.

Libuit N. innuere, quod Radiorum aberrationes, ortæ ab inæqualibus eorum Refrangibilitatibus, neque tantæ sunt, neque adeo vitris damnosæ, quantum velle videor ut credantur esse, dum concava Specula, tanquam unicas perficiendorum Telescopiorum spes propono. Sed calamum arripere dignetur, & conferre aberrationes genitas a vitro cum iis, quæ generantur a speculo Radios ad idem, ac vitrum, intervallum colligente; atque perspiciet quam hallucinatus sit, & quod extra rectam rationem, (ut arbitratur,) non sum divagatus, cum Reflexiones Refractionibus anteculi. Difficultates, quas offendi ait, dum rem actu perficere volumus, novi summas eas esse, & rationibus, quibus negotium hoc tentatum fuit, inextricabile puto. Sed est alia ratio, quam superius innui, & qua a verisimili non alienum reor posse in majoribus Telescopiis confici, quæ ipse in minoribus perfeci, sed non sine diligentia majore, & cura atque arte subtiliore, quam quæ vulgo soleant adhiberi.

Digitized by Google

ARTIC. XXII.

FRANCISCI LINI

Doctissimi Viri Epistola ad Amicum Londini *degentem, qua continentur nonnullæ Animadversiones in* Isaaci Nevvtoni Theoriam *de* Luce *&* Coloribus *nuper editam in his Tractatibus.*

Transf. Phil. 15. Menf. Jan. An. $16\frac{74}{75}$ Num. 110. pag. 217.

HONORATE DOMINE.

CUm noverim te semper humane accipere ejusmodi naturæ scripta, quale hoc est, a quocunque demum veniant, me non male facturum arbitror, si, quanquam tibi non notus, narravero, quod, cum nuper philosophicas Transactiones pervolverem, ut perspicerem siquid in iis reperire possem, quod faceret ad commentatiunculam quandam de Optica, quæ mihi præ manibus est, incidi in Epistolam *Isaaci Nevvtoni* Mathematum Professoris in Universitate Cantabrigiensi, in qua loquitur de experimento, quod fecit per exiguum foramen admittens in obscurum Cubiculum Lucis Radium, qui per vitreum Prisma transmeans, & ad oppositum parietem perveniens, ibi pingit *Spectrum* diversis Coloribus variegatum, & cujus longitudo multo latitudine major est; cum tamen, secundum receptas Refractionum leges, potius formam Circularem assumere debuisset. Quo experimento innixus, vitiosas reputat has vulgares Refractionum leges, novamque suam Lucis Theoriam constituit diversis Radiis diversam Refrangibilitatem tribuens, nulla habita ad Angulum Incidentiæ ratione &c.

Equidem, Domine, nullum mihi restat dubium de hisce, quæ Doctissimus Auctor affirmat; & ipse, rebus eodem pacto dispositis, observavi discrimen illud, quod inter Spectri colorati longitudinem & latitudinem intercedit; sed nunquam id perspicere licuit quando prope Solem Cœlum erat serenum & a nubibus immune: sed hæc inæqualitas inter longitudinem atque latitudinem tum solummodo apparebat, cum aut Sol per albam nubem translucebat, aut nonnullas proximas nubes illustrabat. Tunc autem sane mirandum non est, si memoratum Spectrum magis in longitudinem quam in latitudinem extendebatur; nubes etenim sic illuminatæ, quod ad Colores attinet, similes erant magno cuidam Soli, & ad foramen multo majorem intersectionis angulum faciebant, quam veri Radii solares; & idcirco totam Prismatis longitudinem irradiare poterant, & non exiguam dumtaxat ejus partem, quam illustratam videmus a veris Radiis solaribus per idem parvum foramen transeuntibus. Idem perspicimus etiam in veris Solis Radiis, cum totum Prisma illuminant; etenim, quamvis, ubi Cœlum est serenum, Radii solares transmissi per tenue foramen nunquam efficiant Spectrum magis longum quam latum, quandoquidem exiguam tantummodo Prismatis partem occupant; attamen, si foramen ita augetur ut totum Prisma a Solis Radiis illustretur, illico dispicies Spectri longitudinem non parum latitudinem excedere; qui excessus semper eo major erit, quo magis Prismatis longitudo latitudinem superat. Hinc deduco, quod Spectrum, a docto Auctore visum magis longum, quam latum, effectum non erat a veris Radiis solaribus, sed ab iis, qui ab aliqua fulgente Luce profluebant, ut dictum fuit; quapropter, quod *Lucis Theoria* hoc *experimento* innixa stare non potest.

Quæ hic dicta sunt hac una egent confirmatione, mero experimento, quod quilibet

Digitized by Google

libet ſtatim inſtituere poteſt ; neque ego hac occaſione periculum iſtud feci , ſed fere elapſi ſunt triginta Anni , ex quo illud una cum pluribus aliis experimentis ad Lucem pertinentibus oſtendi digniſſimo experimentalis Philoſophiæ Promotori *Kenelmo Dygbæo*, cum, huc profectus ut Spadenſibus aquis uteretur, ſeſe nonnunquam in meum Cubiculum obſcuratum (*Leodii*) reciperet, ut videret varia Lucis phænomena effecta diverſis Refractionibus & Reflexionibus , obſervationes in illa faciens ; qua arte ſi uſus eſſet *Nevvtonus* , cum memoratam inæqualitatem, qua differt hujus Spectri colorati longitudo ab ejuſdem latitudine , explicare conatus eſt , nunquam opus hoc , quod perfici nequit, ſuſcepiſſet.

Supereſt, honoratiſſime Domine , ut te certiorem facias , quod res a mente mea prorſus aliena accideret, ſi error, de quo hic verba feci, labeculam aliquam doctiſſimi hujus Viri famæ adſpergeret. Egomet ipſe in errorem eundem potuiſſem incidere, ſi, cum primum periculum illud inſtitui , Sol alba nube fuiſſet involutus, ut illi accidiſſe videtur. Quapropter, tibi negotium ulterius faceſſere deſinens, me declaro

Tibi obſequentiſſimum

A. D. 6. Octob. 1674.

Franſciſcum Linum.

ARTIC. XXIII.

Reſponſio ad ſuperiorem Epiſtolam.

Ibidem. pag. 219.

Litteræ, quas ad me dandas cenſuiſti complectentes animadverſiones quaſdam in *Nevvtoni* Theoriam de Luce, & Coloribus innixam experimento illi, quo Solis Radius per exiguum foramen in obſcurum Cubiculum immittitur , nulla alia reſponſione videntur egere præter hanc , quod nempe tibi libeat conſiderare Schema additum ſecundæ *Nevvtoni* reſponſioni ad Patrem *Pardies* ; & pro certo habere , quod experimentum , quale ibi delineatum eſt , inſtitutum fuit die ſereno ; & Priſma poſitum , quam-maxime fieri potuit , prope feneſtræ foramen , ita ut nullus Luci locus ſupereſſet ad divaricandum ; atque quod imago colorata, hinc exorta, non erat parallela , (ut conjicis ,) ſed ad Axem Priſmatis tranſverſa.

A R-

Digitized by Google

ARTIC. XXIV.

Epistola Francisci Lini *ad Editorem data* Leodii *A. D. vicesimum quintum Mensis Februarii* An. 1675. st. n., *qua reponitur litteris editis sub* Num. 110. *continentibus responsionem ad primam ejusdem* Lini *Epistolam de* Isaaci Nevvtoni Theoria de Luce & Coloribus.

Transf. Phil. Menf. Jan. An. $167\frac{5}{6}$. Num. 121. pag. 499.

HONORATISSIME DOMINE.

IN litteris ad me datis A. D. decimum septimum Mensis Decembris, & mihi redditis tantum circa Januarii finem, ais mihi pro certo habendum esse, *primo*, quod dies erat serenus cum periculum initum fuerat; *secundo*, quod Prisma ita prope foramen attingebat, ut nullus divaricandi locus Luci relictus fuisset; *tertio*, quod imago non, (ut ego conjeceram,) parallela erat ad Prismatis Axem, sed transversa.

Fateor, Domine, quod assertiones istæ, si admittantur, omnino destruunt, quod dixeram, *Nevvtonum* scilicet a fulgida nube fuisse deceptum. Sed si eas comparemus primæ hujus experimenti enarrationi ab ipso *Nevvtono* scriptæ, evidenter constabit illas admitti non posse, utpote frontibus adversis pugnantes cum iis, quæ in illa narratione traduntur. Etenim ibi habetur, quod *extremitates imaginis coloratæ, quæ in oppositum parietem dispiciebatur, & cujus longitudo, quinquies, præterpropter, latitudine major erat, videbantur semicirculares*. Attamen istæ *semicirculares extremitates* nunquam apparent die sereno, quemadmodum ostendit experientia. Hinc sequitur, quod, contra *primam* assertionem, periculum factum non fuit die sereno. Sed hæ semicirculares extremitates nunquam videntur, cum Prisma omnino prope foramen positum est; quod opponitur *secundæ* assertioni. Pariter nunquam dispiciuntur; quando imago transversa est ad longitudinem Axis Prismatis, quod directo obversatur *tertiæ* assertioni. Si vero, cum res aliquo ex tribus hisce modis se habent, imago adeo magis longa est, quam lata, (quod facile fieri potest aliquantisper convertendo Prisma circa suum Axem) ut longitudo fere quinquies latitudine major sit, tunc altera imaginis extremitas figuram induet acuti Coni sive Pyramidis similis flammæ e Candela promananti, altera autem Coni paulo obtusioris, quarum figurarum utraque longe abest ut semicircularis videatur. Sed, si imago excuditur cum Cœlum serenum non est, sed fulgentibus nubibus obductum, & si Prisma non ponitur prope foramen, sed commodo intervallo dissitum ab illo, (ut positum vides in Schemate experimenti N. 84. *pag.* 4091., Transf. Phil. at *pag.* 31. hujus,) tunc hæ semicirculares extremitates semper apparent, & imaginis latera sunt rectilinea, ad amussim secundum *Nevvtoni* descriptionem. Neque tamen longitudo imaginis transversa est ad Prismatis Axem, sed parallela. Unde manifesto conficitur, quod neque experimentum factum fuit die sereno, neque Prisma situm ad foramen ipsum, neque tandem imago transversa: sed per fulgentem nubem; & imagine existente parallela, (ut ego conjeceram;) & spero te ipsum nunc fassurum, quod optimo jure conjecturam hanc feceram, quandoquidem tam bene cum narratione convenit. Quod etiam tibi monstrabitur ab experientia, si libeat periculum facere, ut factum fuit in obscuro Cubiculo, & observare discrepantiam, quæ inter imaginem effictam per fulgentem nubem, & eam, quæ sufficitur ab immediatis Solis Radiis, interest; nam illam semper parallelam & extremitatibus semicircularibus definitam comperies; hanc vero transversam terminatamque extremitati-

ti-

Digitized by Google

tibus pyramidalibus, ut supra dictum fuit, quandocunque magis longa quam lata apparebit.

Sed & alia deducere licet ex eadem narratione, quibus imaginem non transversam fuisse demonstretur. Si enim transversa fuisset, *Nevvtonus* in *Opticis* tam versatus, admiratione captus non fuisset, (ut se fuisse testatur,) videns ejus longitudinem tanto latitudinem superare; quod est phænomenum obvium, & quod facile per vulgares Refractionum leges explicetur. Etiam locus ille, (in quo dicit, quod in hoc experimento Refractiones Radiorum incidentium æquales erant Refractionibus Radiorum emergentium,) rursus evincit quod memorata oblonga imago erat non transversa sed parallela. Nam fieri non potest, ut imaginis transversæ longitudo tanto latitudine major sit, quin istæ duæ Refractiones valde fiant inæquales; ut computatio inita secundum vulgares Refractionum leges, & experientia conspirantes testantur. Quapropter immerito *Nevvtonus* Patrem *Pardies* incusat (*pag.* 4091. Transactionum, & *pag.* 31. hujus) quasi hallucinatus esset, dum duas hasce Refractiones valde inæquales (*pag.* 488. Transactionum, & *pag.* 30. hujus) posuit. Siquidem Vir ille in Opticis eruditus optime perspexit, quod die sereno tanta longitudinis & latitudinis disparitas accidere non posset, nisi duæ illæ Refractiones pariter valde dispares fierent. Hi duo loci, inquam, primo addi possent, & ampliore explicatione donari, si opus esset. Quod cum necesse non sit, te amplius in his detinere desino.

ARTIC. XXV.

ISAACI NEVVTONI

Considerationes in ea, quæ superius reposita fuerunt, una cum quibusdam monitis de ratione recte instituendorum experimentorum controversorum; missæ ad Editorem e Cantabrigia *A. D. decimum tertium Mensis* Novembris *An.* 1675.

Ibidem. pag. 501.

DOMINE.

CUm a te mihi ostensæ fuerunt secundæ *Lini* litteræ, memini me dixisse, quod responsionem scribere arbitrabar negotium inutile; quandoquidem disputatio non erat de ratiocinio aliquo, sed de bona fide mea in referendo experimento quodam, cujus eventum ille negat futurum, qualis in mea edita Epistola descriptus est. Hæc autem disputatio verbis dirimi nequit, sed experimento rursus instituto.

Intelligere nequeo quidnam *Linum* fefellerit; sed suspicor illum hoc experimentum non fecisse postquam meam Theoriam legit, sed niti veteribus notionibus, quibus se imbuerat antequam illi injecta fuisset aliqua cogitatio observandi figuram imaginis coloratæ. Quapropter eum rogo, ut, antequam responsiones iteret, semel illud tentet, ut sibi ipse satisfaciat, & quidem hoc pacto.

Accipiat aliquod Prisma, & illud ita collocet ut Axis ejus angulos rectos cum Radiis solaribus constituat, & in hoc situ illud ponat, quam-maxime poterit, prope foramen, per quod Sol obscurum Cubiculum irradiat, quod foramen Pisi crassitiem, circiter, habere debet. Deinde lente Prisma circa Axem suum convertat, & videbit Colores moveri per oppositum parietem, principio quidem illum locum versus, ad quem ferretur directa Solis linea si Prisma abesset, deinde vero retroversum. Quando Colores sunt ad amussim inter hasce duas oppositas motiones, hoc

est,

Digitized by Google

est, quando sunt quam-proximi loco, ad quem directi solares Radii tendunt, tunc Prisma immotum detineat; tunc enim Radii æqualiter ab utroque Prismatis latere refringuntur. Prismate hunc situm occupante, Colorum figuram observet, quam comperiet, non rotundam, ut contendit, sed oblongam, & quidem eo magis oblongam, quo major est ille Prismatis angulus, quem reflectentia plana comprehendunt, quoque remotior a Prismate est paries, in quem Colores incidunt; Colores autem rubeus, flavus, viridis, cæruleus, purpureus, ordine dispositi, ab altero figuræ latere aliud versus non tendunt, ut secundum *Lini* conjecturam, sed ab una ad alteram extremitatem; & longitudo figuræ ad Prismatis Axem parallela non est, sed transversa. Hoc pacto ego experimentum institui, quod felicem successum non sortietur, nisi dies serenus sit, & nisi Prisma positum sit ad foramen ipsum, aut saltem adeo prope illud, ut Solis Lux, quæ per foramen transjicitur, per Prisma etiam ita transmeare possit, ut sub rotunda forma appareat, si papyro, statim ac Prisma transgressa est, intercipiatur.

Cum hoc periculum fecerit *Linus*, ulterius, quæso, transire dignetur, & illud instituat, quod appello *experimentum Crucis*. Quando enim hæc tentaverit, (quæ cum neget, perspicio eum illa non tentasse, ut erant tentanda,) arbitror quod animus ejus expletus erit.

Memini, quod, post tres aut quatuor dies, ex quo mihi copiam fecisti legendæ secundæ Epistolæ a *Lino* scriptæ, ea de causa ostendi primum ex his duobus experimentis nobili illi Viro, quocum eram tum, cum tu me, ob idipsum, visum venisti; dum vero huic experimentum istud ostenderem, venit A. H. (Regiæ Societatis Membrum) cui pariter illud monstravi. Et meminisse potes, quod R. H. ante hos duos aut tres annos, in litteris lectis coram Regia Societate atque ad me missis, testimonium dixit tum pro hoc ipso experimento quod *Linus* in dubium revocat, tum pro omnibus illis, quæ continentur in mea prima de *Coloribus* Epistola, ut de experimentis quæ ipse fecerat; & cum *Lini* litteras legisti in ejusdem Societatis consessu, & dignatus es rogare, ut hæc experimenta coram Societate iterarentur, R. H. de illis verba fecit tanquam de rebus in controversiam non revocandis. Sed si nondum coram illa fuerunt instituta, & Sociorum aliquis, homo *Lino* certus ac fidus, de iis dubitat, me ad nutum hæc experimenta ostensurum polliceor, ubi adeo felix ero, ut sæpius Regiæ Societatis consessibus adesse possim; neque rem intricatam futuram spero, siquidem perfici possunt, (quanquam non tam bene,) etiam Cubiculo non obscuro, & uno horulæ octante. Licet, si *Linus* ea negare pergit, optarem ut fierent antequam opportunitas ferat ut apud eos sim.

ARTIC. XXVI.

Excerptum ex Epistola Gascoinii *ex* Lini *nuper mortui Discipulis ad Editorem data A. D. decimum quintum Mensis Decembris An.* 1675. Leodii, *in qua continentur sequentia verba, ad quæ spectare videtur sequens* Nevvtoni *Epistola, quocum fuerunt communicata.*

Ibidem. pag. 503. *marg.*

SÆpius experimentum memoratum tentavit *Linus*, (nuper mortuus,) & plures ad illud videndum appellavit, & non ægre ostendit omnibus illis, qui, aut forte in ejus Cubiculum venerunt dum illud conficeret, aut vel minimum illius perspiciendi desiderium testati sunt; ita ut, quod ad experimentum attinet, hinc *Nevvtono*, nobis inde par sit confidentia, quibus plane persuasum est, quod difficile stabit *Nevvtoni* experimentum, nisi forte diversa ponendi Prismatis ratio, aut fora-

minis amplitudo, aut aliqua ſimilis circunſtantia pariat diſcrimen, quod inter nos intercedit.

ARTIC. XXVII.

Excerptum ex altera Epiſtola a Nevvtono *ad Editorem data A. D. decimum Menſis Januarii, An.* $167\frac{5}{6}$, *ubi de eodem argumento agitur.*

Ibidem. pag. 556.

EX *Gaſcoinii* litteris ſuſpicari quis poſſet *Linum* experimentum inſtituiſſe alia, ac ego, ratione; quapropter expectabo donec ab ejus Amicis factum fuerit eo modo, quo nuper faciendum eſſe ſignificavi. Ad quod experimentum perficiendum prodeſſe poterit ſcire quod Priſma plures imagines miniſtrat. Harum prima eſt oblonga & Coloribus diſtincta, de qua verba facio; & hęc duabus tantummodo Reflexionibus obtinetur. Altera fit duabus Refractionibus, & una intercedente Reflexione; atque ea longa eſt ac Colorum expers, ſi anguli Priſmatis accurate ſunt æquales; erit autem Coloribus prædita, ſi anguli ad baſim reflectentem ſint inæquales, & quidem eo magis in ea Colores apparebunt, quo magis anguli iſti ſint inæquales, ſed etiam eo magis a rotunda figura diſcedet, niſi tamen anguli maxime ſint inæquales. Tertia imago conficitur unica Reflexione, & hæc ſemper rotunda & Colorum exſors. Dumtaxat autem timendum eſt ne per errorem *ſecunda* loco *prima* habeatur. Sed alia tamen ab alia diſcerni poteſt, non ſolum, quia *prima* eſt oblonga vividiſque Coloribus picta, ſed etiam quia altera altero modo movetur. Etenim, dum Priſma ſemper eaſdem partes verſus circa ſuum Axem convertitur, *ſecunda* & *tertia* celeriter moventur, & ſemper ad eaſdem partes eunt, donec evaneſcant; *prima* vero lente movetur, & ſemper lentior fit, donec ſtet, deinde regreditur, & retroverſum it ſemper velocius, quouſque evaneſcat in loco illo, in quo videri cœperat.

Si Cubiculo non obſcurato, Priſma ſtatuunt prope ligneam feneſtram, in aperta Solis Luce, ita ut Axis Priſmatis rectos angulos cum ſolaribus Radiis conſtituat, & deinde Priſma circa Axem ſuum convolvant, fieri non poteſt quin primam imaginem conſpiciant; qua inventa, papyrum bis aut ter in ſe replicare poſſunt, illamque circa meditullium perterebrare foramine lato circiter tertiam, aut tres quartas Pollicis partes, & ponere ſtatim ante Priſma, ita ut Sol per foramen hoc in Priſma Radios ſuos conjiciat; tunc autem, Priſmate retento & firmiter fixo in eo ſitu in quo imaginem ſtantem & immotam præbet, ſi imago directe cadit in oppoſitum parietem ſive papyrum a Priſmate remotam quindecim vel viginti pedibus, vel etiam amplius, imaginem videbunt oblonga facie, ejuſque extremitatem alteram Color rubeus, alteram purpureus, meditullium autem viridis ad cæruleum vergens occupabunt. Et ſi Cubiculum, quam-maxime poſſunt, obſcurum reddunt aulæis obductis aut alio quocunque pacto, ſic Colores valde conſpicuos obtinebunt.

Hæc ita ſingulatim ſum perſecutus, ut quicunque tandem, in cujus manibus inciderit Priſma, poſſit nulla difficultate & labore, experimentum iſtud inſtituere. Quod poſtquam hoc pacto confecerint Amici *Lini*, progredi poſſunt ad illud repetendum in obſcuro Cubiculo, cujus lignea feneſtra perforata ſit. Tunc mittant, quæſo, deſcriptionem in qua ſingulatim & perſpicue narrent rationem, qua illud exſecuti fuerunt. Rem etiam mihi jucundam facerent, ſi me docere vellent quo pacto *Linus* hactenus hęc tentavit, ut, quid contra me facere poſſit, animadvertam.

A R-

Digitized by Google

ARTIC. XXVIII.

Peculiaris responsio Isaaci Newtoni *ad Epistolam* Francisci Lini *editam sub* Num. 121. *pag.* 499. *Transact.*, (*& pag.* 55. *hujus*) *de experimento pertinente ad novam* doctrinam de Luce & Coloribus. *Hanc responsionem complectebatur Epistola ad Editorem data* Cantabrigiæ *A. D. undetricesimum Mensis Februari* An. 167$\frac{5}{6}$.

Transf. Phil. 25. Mensis Mart. An. 1676. Num. 123. pag. 556.

EX *Lini*, Epistola, cum eam legissem, quando tu mihi illam legendam præbuisti *Londini*, nihil aliud retinere potui, quam, in genere, *Linum* inficiari, quæ ego affirmaveram, quapropter nuper nihil peculiariter aut singillatim reponere licuit; sed cum illius iterum perlegendæ facultatem in Transactionibus habuerim, vidi quod ille tibi suadere vult descriptionem experimenti hujus a me suffectam neque cum meis editis litteris, neque cum experientia consentire: quapropter, nequis, qui hasce litteras non legerit, silentium de hac re meum pro confessione accipiat, non extra rem duco nonnulla ad te perscribere, quibus ad hæc respondeam.

Ait, quod dum eum certiorem facis, quod, primo, *dies erat serenus cum periculum initum fuerat*. Secundo, *quod Prisma ita prope foramen attingebat, ut nullus divaricandi locus Luci relictus fuisset*. Tertio, *quod imago non parallela erat ad Prismatis Axem, sed transversa*; quod, inquam, *si* assertiones *has comparemus primæ hujus experimenti ennarationi a* memet-*ipso scriptæ* in Philosophicis Transactionibus Num. 80. pag. 3076., Transact. (& pag. 3. & seq. hujus,) *evidenter constabit illas admitti non posse, utpote frontibus adversis pugnantes cum iis, quæ in illa narratione traduntur*. Rationes, quibus innititur, hæ sunt.

Primo, quod ego dixeram, *quod extemitates imaginis coloratæ videbantur semicirculares, id quod*, dicit ille, *nunquam accidit, cum res est aliquo ex tribus hisce modis*. Atqui id est me, non contra memetipsum, sed contra experientiam, in pugnam adducere: etenim experimentum ibi describitur tamquam successu gaudens, dum res omnibus illis tribus modis se habent; & etiam nunc affimare pergo id eventurum esse. Alii experimentum ineant & judicium ferant.

Afferit insuper, *quod Prisma situm est ad aliquod a foramine intervallum in schemate experimenti Num.* 84. *pag.* 4091. *Transact.* (24. hujus *Fig.* 7. *Tab. II.*). Sed, quid inde? Schema illud ad demonstrationem pertinet, non ad experimentum, & demonstrationi inservisset etiamsi hoc intervallum vicies majus positum fuisset, quam est. In schematibus experimenti Num. 80. pag. 3036. Transf. (27. hujus *Fig.* 2. *Tab. I.*) atque Numeri 82. pag. 5016. Transf. 24. (hujus *Fig.* 9. *Tab. II.*) delineatum est prope foramen, & satis prope in Schemate Num. 83. pag. 4061. Transf. (12. hujus *Fig.* 5. *Tab. II.*)

Sed *Lino* placet Oculos occludere hisce Figuris, & eligere Figuram demonstrationis, & quidem Figuram, a qua foramen prorsum abest. Etenim Schema Num. 84. pag. 4091. (*Vide Figuram 7. Tab. II.*) ejuscemodi est, & in eo tantum non est Radiorum intervallum ad G L, ut foramen, si delineatum esset, ibi poni non potuisset, & eos tamen comprehendere. Sed si statuere volumus foramen ad x, ubi Radii sese decussant; nihil tamen inde conficietur, quandoquidem intervallum x G, sive x L est, circiter, dimidiata latitudo lateris Prismatis ($\frac{1}{2}$ A C) quod, opinor, non æquat vicesimam partem intervalli, quod secundum ejus conjecturam requiritur.

Tertio addit, quod *alia deducere licet ex eadem narratione, quibus imaginem non transversam fuisse demonstretur. Si etenim transversa fuisset*, Newtonus *in* Opticis

tam versatus admiratione captus non fuisset, (*ut se fuisse testatur*) *videns ejus longitudinem tanto latitudinem superare ; quod est phænomenum obvium*, *& quod facile per vulgares Refractionum Leges explicetur*. Sed e contra, potius dici potest, quod, si imago parallela fuisset, nunquam admiratione captus essem, illam videns tanto magis longam quam latam; est enim phænomenum maxime obvium, & nulla indigens explicatione. Etenim illi, qui communi sensu non carent perspicientes totum Prisma, aut fere totum Radiis illustratum, nonne expectabunt in pariete Lucem eadem præditam figura oblonga, quam habet dum e Prismate egreditur? Itaque *Linus*, dum ratiocinium suum confirmare vult me dicens in Opticis valde peritum, illud destruit. Sed, quoniam dicit *Longitudinem imaginis me nulla admiratione afficere debuisse*, *si imago fuisset transversa*, *cum id sit valde obvium*, *& quod facile per vulgatas Refractionum leges explicetur*. Age, quilibet sumat experimentum integrum, quale a me traditum fuit, hac videlicet Lege, ut *Refractiones ad utrunque Prismatis latus sint æquales*, & inter se conciliare tentet illud & vulgatas Refractionum leges. Contra hoc fieri non posse inveniet a me demonstratum fuisse in mea ad Patrem *Pardies* responsione Num. 84. pag. 4091. Transf.

Denique objicit, quod *locus ille*, *in quo* dico *quod in hoc experimento Refractiones Radiorum emergentium æquales erant Refractionibus Radiorum incidentium*, Num. 80. pag. 3077. Transf., (& pag. 2. hujus,) rursus evincit imaginem oblongam fuisse parallelam. Veruntamen hæc ipsa assertio satis probat me contrarium intellexisse, quia est valde a proposito aliena, cum accipitur de imagine parallela, & valde necessaria, cum de transversa. Quapropter quæ subjicit de Patre *Pardies*, omittere poterat, presertim cum doctus ille Vir orationem meam de transversa imagine intellexerit, & meis responsionibus acquieverit.

Hactenus ad *Lini* Epistolam respondi. Nunc, ut ejuscemodi suspiciones ab ejus Amicis auferam, si illis non sufficit mea meæ sententiæ declaratio, afferam nonnullos alios locos ex meis litteris, quibus cognoscere possint, quomodo quæ dixi de sæpius memoratis tribus hisce circumstantiis, ab initio fuissent intelligenda.

Quod ad *Diem* pertinet, ubique aperte dixi, quod experimentum factum fuerat in Luce solari, & in Num. 80. pag. 3077. Transf. (& pag. 2. hujus,) quod imaginis latitudo, juxta mensuram, Solis Diametro respondebat. Sed, quia me falsum esse contenditur, rogo quomodo experimentum, quale narratum est ubi illud voco *Experimentum Crucis*, perfici possit die nubilo. Si enim *experimentum Crucis*, (cui totus innitor,) factum fuisse nequit die nubilo, extra rem est de die nubilo verba facere in primo experimento, quod tantummodo ad hoc introducit. Quo si contenti non sunt, consulant Transactiones Philosophicas Num. 83. pag. 4060., (& pag. 313. hujus,). Ibi etenim dico quomodo, Lente ad Prisma applicata, rectilineæ extremitates oblongæ imaginis fiant magis distinctæ, quam cum Lens adhibita non fuerat. Quod accidere nequit, cum adest fulgens *Lini* nubes.

Veniamus ad *Prismatis positionem*. Tibi dixi, Num. 80. pag. 3076. Transf., (& pag. 1. hujus,) quod ego Lucem in obscurum Cubiculum *ingredientem Prismate excepi*, & pag. 3085. Transf., (at pag. 5. hujus,) quod *lignea fenestra foramine terebratur*, *& huic foramini aptatur Prisma ;* atque pagina proxima, quod *ABC repræsentat Prisma prope foramen F ligneæ fenestræ EG*: & juxta hæc prope foramen in Figura delineatum perspicitur. Pariter pag. 3077. Transf., (& pag. 1. hujus,) dico quod imago *a foramine vel Prismate distabat viginti duobus pedibus* ; quod in idem recidit ac si dixissem Prisma, (puta, Prismatis latus foramini propinquius,) æque distare ab Imagine ac foramen ipsum, & idcirco Prisma & foramen esse quamproxima. Et pag. 3078. Transf., (& pag. 2. hujus,) ubi pro lignea fenestra adhibeo asserem solutum, te moneo expressis verbis, quod asserem *collocavi statim post Prisma*. Omnes hi loci in ipsa mea prima Epistola de Coloribus agente leguntur. Quis igitur credere posset, quod aliquis, qui hanc Epistolam legerit, suspicaretur me Prisma posuisse ad aliquod notabile a foramine intervallum, nedum ad tantum, quantum *Linus* supponit.

Nunc

Digitized by Google

Nunc de *imaignis positione* loquamur. Ea repræsentatur transversa ad Prismatis Axem in Figuris pertinentibus ad Numeros 80. 83. & 85.; & Num. 88. pag. 5093., Transf., (& pag. 30. hujus,) ubi utor duobus Prismatibus se decussantibus, dico tibi totidem verbis imaginem ad utrumque transversam fuisse angulo quinque & quadraginta graduum. Item computatio Num. 80. pag. 3077. Transf., (& pag. 280. & seq. hujus,) intelligi nequit, nisi imago parallela fingatur. Sed neque meæ de diversa Refrangibilitate notiones alio pacto possunt intelligi. Etenim in *Lini* suppositione Radii, qui tendunt ad duas imaginis extremitates, æqualiter sunt refracti. Quod ad Colores spectat, rubeus, juxta meam descriptionem, alterum imaginis extremum occupat, alterum vero cæruleus, quod locum habere nequit nisi in transversa imagine. Quod etiam demonstrari potest ex iis, quæ narro Num. 80. pag. 3076. Transf., (& pag. 1. hujus,) de oblonga imagine, quæ in orbicularem mutatur contraria secundi Prismatis Refractione, & quæ explanantur in Num. 83. pag. 4061. Transf., (at pag. 17. hujus,). Nam hæc non possunt evenire in parallela *Lini* imagine: quapropter, si ad hæc *Linus* animum advertisset, nunquam in hanc cogitationem lapsus esset.

Hæc, arbitror, sufficiunt, ad tres memoratas circumstantias in apricum proferendas; &, harum singulas evicisse satis est ad scrupulos omnes eruendos. Itaque *Lini* Amici nullum locum habent verendi, ne monita, quæ nuper iis misi de ratione periculi ineundi, diversa sint ab iis, quæ ipse ab initio secutus sum, neque de ulla re solliciti debent esse, quam de experimento recte conficiendo. Attamen, quoniam *Gascoinio* libuit insinuare me mihi non satis constare dum viam instituendi experimenti monstro, molestum non ducam, omnia quæ de hac re dixi, in certa capita distribuere, & indicare ubi unumquodque caput reperire liceat.

Primo, de Prismate habente angulum sexaginta, aut quinque & sexaginta graduum, circiter, agitur Num. 80. pag. 3077., Transf., (& pag. 1. hujus,) & 3086. Transf. (at 6. hujus.) Si angulus esset sexaginta trium, circiter, graduum, ut illo Prismate, quo me usum dico Num. 80. pag. 3077., (& pag. 1. hujus,) omnia comperirentur ad amussim succedere secundum descriptionem a me ibi traditam. Si vero esset major vel minor, veluti triginta, quadraginta, quinquaginta, aut septuaginta graduum, Refractiones essent proportionaliter majores vel minores, & idcirco imago longior vel brevior. Si Prisma foret, quam-proxime, æquilaterum, (qualia passim esse reor in omnibus regionibus, ut in Britannia,) maximus angulus adhibendus est. Sed cavendum, ut ita disponatur Prisma, ut Refractiones fiant a duobus Planis maximum angulum hunc comprehendentibus. Dum nonnulla, quæ sunt in *Lini* epistola, considero, fere eo ducor, ut suspicer illum in hoc errasse, quod crediderit imaginem æque longam exorituram ex parva Refractione, atque ex magna; sed cum hic error tantus sit, ut in Virum in Opticis versatum cecidisse credi non possit, nihil affirmo, sed hæc tantummodo *Gascoinio* indico, ut omnia ponderare possit.

Secundo, hoc Prismate parato, ita locandum est, ut ejus Axis rectos angulos cum Radiis constituat, Num. 84. pag. 4091. lin. 18. 19. Transf., (sed pag. 20. hujus). Exiguus error circa hoc, effectum, quod Sensibus nosci possit, non immutat.

Tertio, Prisma sic aptari debet, ut Refractiones, quæ a duobus ejus lateribus fiunt, sint æquales, Num. 80. pag. 3077. Transf. (& pag. 1. hujus) id quomodo expedite fieri possit convertendo Prisma circa suum Axem, & immotum illud sistendo, quando imaginem inter duas contrarias motiones stare conspicis, tum explicatur in ultimis meis descriptionibus, tum innuitur in anteriori Numero 80. pag. 3077. lin. 34. 35. 36. Transf. (& pag. 2. hujus). In hoc etiam si parvus error accideret, nocere non posset.

Quarto, foraminis diametrum statui quartæ pollicis partis, Num. 80. pag. 3077. Transf., (ac pag. 1. hujus,) prope quod posui Prisma, & etiam adeo prope ut esset contiguum (ibidem). Veruntamen hæc omnia sollicite & religiose servare nihil

Digitized by Google

hil est necesse. Foramen potest esse alicujus alterius amplitudinis, & Prisma ad aliquod a foramine intervallum, dummodo res ita sint dispositæ, ut Lux sub rotunda figura conspiciatur, si, statim ac a Prismate egreditur, ad rectos angulos intercipiatur. Sed, neque dies est anxie deligendus. Clarissimus quisque optimus est; sed si qua nubes adesset, non inde multum detrimenti acciperet experimentum, dummodo Sol distincte per nubem eluceret.

Hisce hoc pacto dispositis, Lux refracta ad rectos angulos incidens in parietem vel papyrum ad viginti pedum intervallum a Prismate, aut amplius, oblongam habebit faciem, eritque ad Axem Prismatis transversa, ejusque extremitatem alteram Color rubeus, alteram vero purpureus tenebunt, atque illius longitudo, quinquies, (plus aut minus pro Refractionis quantitate,) latitudine major erit, latera ejusdem erunt rectilinea, & extremitates confusæ, sed quæ semicirculares videantur.

Quapropter spero futurum, ut *Lini* Amici non diutius in incongruis cogitationibus hæreant, sed experimentum tentent, ut *Gascoinius* est pollicitus. Atque, cum tibi *Gascoinius* dicat, quod, *quoniam experimentum ipsum est insolitum & admirandum, & quoniam, præterea, ducit ad nova Optices principia, quæ communibus atque receptis sunt adversa, difficile erit de illius veritate persuadere, donec omnibus ita sit manifestum, ut pudor sit illud inficias ire:* si hoc experimentum tam insolitum existimat, potest habere privilegium reddendi id adeo manifestum, ut pudor sit illud inficias ire. Etenim audeo affirmare, nullum, post ejus testimonium, de eo dubitaturum. Neque dubito, quin ad experimentum hoc perficiendum perveniat; est enim tam planum atque facile, ut mente complecti nequeam quam viam inierit *Linus*, ut aberraret.

Dat. *Cantabrigiæ* ad diem vicesimum nonum Mensis Februarii, Ann. 167$\frac{5}{6}$.

ARTIC. XXIX.

Epistola data Leodii *pertinens ad* Nevvtoni *experimentum de* Spectro colorato, *& continens nonnullas exceptiones ad ejus* Theoriam de Luce & Coloribus.

Transf. Philos. 25. Mens. Sept. An. 1676. Num. 128. pag. 692.

HONORATISSIME DOMINE.

CUm *Gascoinius*, acceptis humanissimis litteris tuis datis A. D. duodevicesimum Mensis Januarii, cum novis *Nevvtoni* monitis, careret commodis ad experimentum secundum memorata monita conficiendum necessariis, me rogavit ut quod illi deest supplerem. Quibus adductus plura tentamina confeci, de quorum exitu te monitum volo, hisque subdam nonnullas exceptiones experimentis innixas in *Nevvtoni* Theoriam de *Luce* & *Coloribus*.

Mei Prismatis angulus verticalis erat sexaginta graduum; paries, in quem incidebat coloratum *Spectrum*, a fenestra distabat octodecim, circiter, pedibus; diameter foraminis, quo lignea fenestra terebrata erat, non multum aberat a pollicis quadrante, eamque diametrum, cum usus fuit, ad medietatem usque redegi, sed eventus, quod ad maximum experimenti momentum spectat, semper idem fuit. Utrumque Prismatis latus, quantum quidem efficere potui, Refractiones æquales præbebat; quæ idcirco erant graduum octo & quadraginta cum quadraginta minutis, computata refractiva vitri facultate secundum rationem sinuum ut 2. ad 3. Prisma a fenestræ foramine remotum erat intervallo, circiter, duorum pollicum; Cubiculum autem æque erat obscurum ac nox obscurissima, cum scilicet fenestræ foramen erat obstructum.

Quod ad meorum tentaminum exitum pertinet; semper comperi longitudinem ima-

Digitized by Google

imaginis coloratæ (transversæ ad Prismatis Axem) admodum ejus latitudine majorem, quotiescunque sereno die periculum aggressus sum: cum vero aliqua nubes fulgida fuit prope Solem, aliquando conspexi imaginem ad amussim, qualem *Linus* tibi descripserat, videlicet magis latam quam longam, præsertim cum inter Prisma & foramen intervallum magnum intercedebat; quod experimetum cum receptis quoque Refractionum legibus conciliari posse non inficiabitur, puto, *Nevvtonus*. Et sane, facile inter se conciliari possunt, tum duorum horum doctorum Virorum observationes, cum observationes istæ & Veritas; quandoquidem pro longitudine imaginis (ad Prismatis Axem transversæ) quando diei facies est perquam serena, dumtaxat pugnat *Nevvtonus; Linus* autem solummodo contendit majorem esse ejusdem imaginis, ad eundem Axem parallelæ, latitudinem, cum fulgida nubes Solem obducit. Veruntamen, quod attinet ad ea, quæ, præterea, tradidit *Nevvtonus* & oppugnavit *Linus*, scilicet, quod imaginis Coloribus distinctæ longitudo *quinquies* latitudinis diametrum complectebatur; ego quidem nunquam discrepantiam illam triplo diametri majorem inveni, aut, plurimum, triplo cum dimidio dum Refractiones ab utroque Prismatis latere æquales conficiebantur. Hactenus de rebus *Facti*.

Veniamus nunc ad *Nevvtoni Theoriam* de *Luce* & *Coloribus*. Fateor pulchram seriem acutissimarum & sponte fluentium illationum ab eo contextam mihi fuisse, dum primo sua scripta legi, firmum indicium pro novæ suæ Doctrinæ veritate, cum antea similem illationum seriem observassem in naturalibus veritatibus investigandis. Sed, quoniam hactenus non attigit nonnulla experimenta ad Refractionum negotium pertinentia, arbitrabar eorum prosecutionem futuram valde utilem ad melius hujus assertionis veritatem detegendam. Etenim, prout novæ huic Theoriæ vel consentanea vel adversa comperiuntur, aut valde illam confirmare, aut prorsus destruere debent. En autem experimenta, quæ ad hoc delegeram.

I.

Cum sæpius animadvertissem formam rerum Microscopio perspectarum, (seu potius ipsius Microscopii,) in punctum fere indivisibile redigi; hinc arguebam duo perexigua frusta serica, alterum coccineum, alterum purpureum, debere, si juxta ponerentur, valde inæqualiter distincta apparere in Microscopio, secundum *Nevvtoni* Theoriam; siquidem dispar Radiorum inde manantium Refrangibilitas efficere debet ut Radii aut species coccinei Coloris occupent Retinam in ipso violaceorum Radiorum Foco positam, & ideo, ut non parum confuse videatur primum frustum, cum unum & idem coccinei frusti punctum plures Retinæ nervos percellat. Attamen, quamvis sæpius periculum iteraverim, nullam, quod ad hoc spectat, discrepantiam observare mihi licuit.

II.

Secundum experimentum in aqua feci. Sumpsi regulam æneam, cui plura serica frusta, rubea, flava, viridia, cærulea, atque purpurea illigavi, ac deinde ea posui in imo quadrato vase aquæ pleno, a quo postea recessi, ita ut neque regulam neque frusta Coloribus imbuta videre possem, nisi ope Radiorum refractorum. Jam, intelligebam me, si *Nevvtoni* doctrina esset vera, non visurum omnes memoratos Colores regulamque in una eademque recta linea; quia, diversa diversorum Radiorum Refrangibilitas alios magis alios minus e loco movere debet. Verumtamen re ipsa, eos in æque recta linea, ac ea, in qua visa fuisset regula nuda, ostenderunt plura tentamina.

III.

Digitized by Google

III.

Hoc experimentum profecuturus, alteram Refractionem addidi primæ illi, quam aqua miniftrabat, ita difpofito meo Prifmate, ut ad rectos angulos refractas fericorum fruftorum atque regulæ fpecies reciperet; quapropter, dumtaxat emergentes fpecies Refractionem patiebantur. Sed eventus femper idem fuit; femper ferica frufta Oculo per Prifma refpicienti in recta linea apparuerunt.

IV.

Duabus hifce Refractionibus tertiam adjunxi Species Coloribus diftinctas ita obliquato Prifmate excipiens, ut refrangerentur cum ingredientes, tum emergentes. At res, ut antea, etiam tunc fucceffit, illis in rectam lineam difpofitis apparentibus.

Quo de experimento certior effem, ne forte præconcepta opinio, inde nata quod ferica frufta in recta linea jacere noveram, Oculorum judicium perverteret, (quod nonnunquam cum Oculus de rerum perfpectarum intervallis judicat, accidere obfervaveram) in Cubiculum advocavi aliquos, quorum nihil hoc intererat quique prorfus ignorabant ubi fpectaret experimentum illud; cumque ab iis petiiffem, nonne viderent regulam & frufta fub curvæ lineæ facie, negaverunt.

V.

Deinde periclitatus fum Colores fimplices, (ut eos vocat *Nevvtonus* Propof. V., & XIII.,) hac ratione. Duas imagines coloratas ita in parietem projeci, ut coccineus unius Color, & purpureus alterius unam eandemque rectam lineam (Horizonti parallelam) conficerent. Hos poftea Colores per aliud Prifma fum intuitus, quos femper jacere vidi in eadem recta ad Horizontem parallela, in qua prius illos Oculo nudo perfpexeram. Atqui, fecundum ea, quæ docet *Nevvtonus* de Refrangibilitate in diverfis Radiis diverfa, mihi videbatur, quod Prifmate juxta Oculum pofito magis refringi debebant Radii purpurei quam cærulei, & quod idcirco uterque Color in eadem recta ad Horizontem parallela refpici non debebat.

VI.

Aliud experimentum feci ad detegenda nonnulla pertinentia ad mirandum imaginis Coloribus diftinctæ phænomenum, quod ingeniofæ *Nevvtoni* Theoriç de Luce & Coloribus locum dedit æque ac Telefcopio & Microfcopio reflectentibus ab eodem egregie excogitatis. Cum aliquoties fufpicatus fuiffem non folos directos Solis Radios, fed etiam aliam aliquam extraneam Lucem poffe *Spectrum* coloratum efficere; me detecturum fperavi ope macularum folarium utrum vera effet ifta fufpicio, eas nempe in imaginem quam jam fæpe appello, introducens Telefcopio poft Prifma pofito. Sed, cum nonnullæ fuborientes difficultates conatus meos irritos redderent, tandem excogitavi quandam detegendi quod volebam rationem, quam quis facilius actu exfequeretur; ut in experimento fequenti.

Affixi papyrum valde albam, in circulum, (cujus diameter erat unius pollicis,) corrotundatam, meæ ligneæ feneftræ, quam cum per Prifma refpicerem, inveni imaginem coloratam ab illa in Retina mea depictam fere omnino fimilem ei, quam Solis Radii in pariete defcripferant, præfertim quando Lux æqualiter erat per totam papyrum diffufa. Colores quidem hujus imaginis in ordinem ordini Colorum prioris contrarium erant difpofiti; quandoquidem coccineus erat altiffimus, infimus autem purpureus, quanquam languidus. Sed hoc admiratione non affecit me, qui in Oculorum diffectionibus obfervaveram res aliter in Retina pingi, aliter

vero

Digitized by Google

vero perſpici. Cum hoc pacto magis, quam antea, tractabilem reddidiſſem imaginem, bonam ſpem concepi aliquid detegendi, ad ea pertinens, quæ mihi propoſueram.

Igitur a mea prima ſuſpicione non recedens firmiter Priſma collocavi, & (*Fig.* 11. *Tab. II.*) papyrum C ſuper circulum chartaceum *a b d* ad ſupernas ejus partes ponendam curavi; quo facto, violaceus Color, qui prius erat in *d*, & coccineus ipſius C in Albedinem evanuerunt. Deinde memoratum circulum a feneſtra lignea removi, illumque in aperta feneſtra poſui ſubſtentatum ſolummodo extremitate *d*; tunc autem, me vehementer obſtupeſcente, omnes Colores, quos jam videbam, locum in Retina permutaverunt, coccineo in infimum & purpureo in altiſſimum translatis; intermedii autem Colores vix diſcerni poterant. Atque hic, ut obiter dicam, notatu digniſſimum eſt, quod per totam hanc obſervationem perſpicue vidi Lucem utramque, purpuream & coccineam, eſſe pellucidam; ſiquidem mihi per ambas tranſpicere nonnulla licebat, & nominatim, turres ubi campanæ appenduntur, quæ ſunt e conſpectu meæ feneſtræ. Unde conficitur, Colores hoſce, magnam partem, oriri ex proxima Luce. Denique, rurſum ita collocavi circulum papyraceum, ut dimidia ejus pars *b* feneſtræ ligneæ hæreret, reliqua vero pars *a* in apertam Lucem verſaretur. Quo facto, ſemicirculus *a* terminatus apparuit, ſuperius Colore violaceo, inferius autem coccineo; at alter ſemicirculus e contra, ſuperius coccineo, inferius violaceo. Hinc ſequentes illationes conficio.

Primo, quod non ſolum Lux, quam chartaceus circulus reflectit, ſed etiam illa, quam reflectit aer ambiens, multum agit in coloratam imaginem, & præcipue quod attinet ad Colores violaceum coccineumque. Quapropter, in poſterum fortaſſe non mirum videbitur, quod Spectrum Coloribus ornatum tam longum in pariete appareat, ſed tantum quod non ſit latius.

Secundò, quod, ſi fulgentius corpus poſt Solem eſſet, maxime veriſimile eſt Colores Spectri diſpoſitos futuros ordine illi, quem nunc ſervant, contrario. Unde

Tertio, ſequi videtur, quod ordo nunc a Coloribus ſervatus naſcitur, non ab intrinſeca *Refrangibilitati* proprietate, (quod *Nevvtonus* contendit,) ſed a fortuitis & extrinſecis circumpoſitarum rerum circumſtantiis; etenim, prout corpus poſt chartaceum circulum erat aut eo lucidius aut obſcurius, omnes diverſi Colores ſitum permutabant.

VII.

Deinde periculum inſtitui pertinens ad ea, quæ docet *Nevvtonus* de coloribus primigeniis, ut in Propoſ. V. Foramen ligneæ feneſtræ obduxi tenui lamella eburnea, quam transjiciens Lux erat flava; quæ tamen in rubeam abiit additis tribus, quatuor, aut pluribus lamellis. Hinc videtur confici, quod Lucis Flavedo non eſt Color primigenius, ſed compoſitus ex rubeo, &c.

VIII.

Meorum experimentorum ultimum refertur ad *Nevvtoni* XII. Propoſitionem, in qua reddit rationem, ſane probabilem, a ſuis principiis deductam mirandi phęnomeni ab *Hookio* relati; videlicet, quod duo liquores, alter violaceus & alter rubeus, quanquam quiſque ſeorſum pellucidus eſſet, cum tamen juxta ponebantur, evadebant opaci. Hujus rei ratio eſt, inquit *Nevvtonus*, quod, quoniam liquor alter ſolos Radios rubeos, alter ſolos cęruleos tranſmittit, uterque ſimul nullos tranſire permittet.

Cępi igitur duo pocilla vitrea, quorum fundus erat levis & politus, earumque alterum complevi *Aqua Forti* Colore cæruleo ſaturata, alterum vero oleo ex reſina terebinthina quod rubeo Colore erat infectum; & omnia per liquorem illum cærulea, per hunc rubea videbantur; cum autem hos liquores juxta collocaviſſem,

Digitized by Google

plura per eos discernere poteram; attamen, secundum *Nevvtoni* Theoriam, nihil per illos videre debuissem; quandoquidem, quoniam alter solummodo rubeos, alter solummodo cæruleos Radios transmittit, uterque simili nullos transire sinet.

Exceptiones hasce experimentis innixas non male, spero, accipiet *Nevvtonus*, quia tantum tendunt ad profectum naturalis scientiæ, & pariter

DOMINE

Tibi obsequentissimi

Antonii Lucas.

POST-SCRIPTUM

Sub ipsa litterarum harum conclusione a *Gascoinio* redditæ mihi fuerunt tuæ datæ A. D. quartum Mensis Maii, in quibus nobis impertiri dignatus es accuratam descriptionem celebris experimenti de Spectro colorato nuper exhibiti coram *Regia Societate*. Valde jucundum fuit videre quod tentamina hujus nobilis Societatis tam accurate cum nostris conveniunt, quamvis nostra in nonnullis a *Nevvtonianis* discrepent.

ARTIC. XXX.

Nevvtoni *Responsio ad superiorem Epistolam, data ad Editorem.*

Ibidem pag. 698.

QUoniam illa, quæ *Linus* oppugnaverat, vera demonstraverunt experimenta, & mihi conceduntur; initium faciam a nova quæstione de ratione, quam imaginis longitudo habet ad latitudinem. Quęstionem hanc novam appello, quia, quanquam *Linus* in ultima sua Epistola disceptaverit contra tantam longitudinem, quantam assigno; tamen, ut mihi quidem videtur, id faciebat, non daturus aliquam transversam longitudinem ea minorem, quam assignaveram, (etenim in primis suis litteris prorsus asserit nullam esse hujuscemodi longitudinem,) sed majorem vim orationi suæ laturus, dum, vulgarem Opticam tuens, contra imaginem transversam in genere disputat. Idcirco in mea responsione non accurate descripsi quantitatem anguli refringentis, quo periculum iteraveram; quæ tamen quantitas necessario fuisset accuratissime indicanda, si disputatio circa accuratam rationem longitudinis ad latitudinem versata fuisset. Nihilominus addideram (Num. 121. pag. 500. Transact., & pag. 56. hujus,) quod, quo major est angulus Prismatis, eo major futura est imaginis longitudo ad latitudinem relata; arbitratus futurum ut, postquam aliquo Prismate invenisset imaginis ad Axem transversæ longitudinem, hinc facile deduceret se, adhibendo Prisma majori angulo præditum, imaginis longitudinem aucturum, ita ut, usurpato angulo satis magno, ea æquare vel etiam superare posset mensuram a me assignatam, ut re ipsa potest. Etenim, si sumatur angulus septuaginta, aut septuaginta quinque graduum, vel etiam paulo major, longitudo eo perduci potest, ut non solum quinquies, sed etiam septies, aut octies, aut pluries latitudinem contineat. Nihil igitur mirum, si *Lucas* minorem, ac ego, longitudinem invenit, dum angulo minori periculum instituit.

Angulus, quo ego usus sum, erat equidem sexaginta trium graduum cum duodecim minutis, circiter, & hic ponitur sexaginta graduum. Discrimen, quod inter hunc angulum & meum intercedit, cum sit dumtaxat trium graduum & duodecim mi-

Digitized by Google

minutorum, non sufficit ad nos conciliandos sed valde nos propinquiores faciet. Si verum angulus hic accurate mensuratus non fuisset, sed rotundus sexaginta graduum numerus positus conjectura, aut minus accurata mensuratione, (ut factum fuisse conjicio, eo quod ibidem affertur Refractio Prismatis conjectura dimensa per rationem sinuum ut 2 ad 3, cum experimento mensuranda erat,) angulus ille posset esse duobus aut tribus gradibus minor quam angulus sexaginta graduum, & etiam fortasse minor. Quæ omnia, si ita essent, auferrent fere totam discrepantiam, quæ nos disjungit.

Quidquid autem sit, certo scio meam observationem satis accuratam esse; nam aliquoties periculum iteravi, post receptas *Antonii Lucas* litteras, & semper inveni meas observationes vix, & ne vix quidem, inter se discrepare, & cum iis, quæ antea scripseram, pulchre convenire. Atque, ut experientia perspici possit, quo pacto, crescente angulo, crescant etiam imaginis longitudines, itemque, ne, si quis velit accurate tentare experimentum, molestiam habeat, sibi comparandi Prisma, cujus angulus ad amussim sit quantitatis a me assignatæ, periculum inii cum diversis angulis, & mea tentamina descripsi in subjecta Tabula, in qua prima Columna exprimit angulos duorum Prismatum, quibus usus sum, quos angulos, quam-accuratissime potui, sum dimensus, eos applicando ad Sectoris angulum; secunda autem Columna refert pollicibus mensuratas longitudines imaginum a singulis hisce angulis confectarum; latitudo verum erat duorum pollicum; intervallum a Prismate decem & octo pedum cum quatuor pollicibus; & amplitudo foraminis in lignea fenestra quartæ pollicis partis.

Prisma Primum			Prisma Secundum		
Anguli		Longitudines	Anguli		Longitudines
Gradus	*Minuta*		*Gradus*	*Minuta*	
56.	10.	$7\frac{1}{4}$.	54.	0.	$7\frac{1}{4}$.
60.	24.	$9\frac{1}{2}$.	62.	12.	$10\frac{1}{8}$.
63.	26.	$10\frac{1}{8}$.	63.	48.	$10\frac{3}{4}$.

Percipere potes, quod imaginum longitudines, pro angulorum illas progignentium ratione, paulo majores exortæ sunt a secundo Prismate, quam a primo; cujus rei ratio est, quod vitrum, ex quo constabat Prisma secundum majorem vim refractivam habebat.

Dies, quibus hęc tentamina fuerunt instituta, satis erant sereni, sed non tantum, quantum voluissem; quapropter, postea nactus diem satis ex animi sententia serenum, experimenta secundo Prismate repetivi, & comperi longitudines imaginis a singulis angulis genitæ, superare eas, quas prius inveneram, quadrante pollicis, circiter; harum dimensiones præ oculis ponit supposita Tabella.

Digitized by Google

Priſma Secundum		
Anguli		Longitudines
Gradus,	*Minuta*	
54.	0.	$7\frac{1}{3}$.
62.	12.	$10\frac{1}{2}$.
63.	48.	11.

Hujus diſcriminis ratio, puto, eſt quod Lux Cœli, albicantis in die ſubnubilo, Colores, qui ſunt ad imaginis extremitates, languidiores diluens & extra Oculorum aciem ponens, aliquantulum diminuitur die ſereno, & hoc pacto Colorum imaginem longiorem apparere ſinit; & ſimul Lux Solis vividior fit, Coloreſque fortiores reddit, & languidos illos, qui imaginis extremitates occupant, magis conſpicuos efficit. Etenim obſervavi, quod, in diebus ſubnubilis, dum Priſma immobile erat ad feneſtram, imago evadebat aut paulo longior aut paulo brevior, prout Sol aut minus aut magis obſcurabatur a tenuibus nubibus ante ejus faciem tranſeuntibus; imago vero decreſcebat quando nubes erat lucidior & Solis Lux languidior. Hinc facile intelligitur, quod, ſi Lux nubium omnino auferretur, ita ut Sol undique tenebris circumdatus appareret, aut ſi Solis Lux fortior eſſet, quam nunc eſt, Colorum longitudo ſemper eſſet major.

In omnibus his obſervationibus latitudo imaginis ad duos pollices ad amuſſim extendebatur. Sed, cum animadvertiſſem latera duorum Priſmatum a me adhibitorum non eſſe accurate plana, ſed aliquantum convexa, (hæc autem convexitas erat, circiter, tanta quanta reperitur in utrinque convexa Lente Teleſcopii ſexdecim aut duodeviginti pedum,) ſumpſi tertium Priſma, cujus latera tantum erant concava, quantum latera priorum erant convexa, quod reddidit imaginem latam duobus pollicibus cum triente. Anguli hujus Priſmatis, & longitudines imaginis confectæ a ſingulis angulis videri poſſunt in hac Tabella.

Anguli *Gradus*	Longitudines
58.	$8\frac{1}{2}$.
$59\frac{1}{2}$.	9.
$62\frac{1}{2}$.	$10\frac{1}{5}$.

Nunc perſpicis, quod concava laterum Priſmatis figura, Radios pauliſper divergentes reddens, conficit imaginis latitudinem majorem, pro longitudinis ratione, quam aliter eſſet. Quod tibi indicandum duxi, ut *Lucas* perpendere poſſit an non ejus Priſma ſit huic vitio obnoxium. Si habetur Priſma, cujus latera ſint accurate plana, bene adhiberi poteſt ad experimenta inſtituenda; ſed melius uſurpabitur Priſma, cujus latera, præter-propter, ad mei convexitatem accedant, quia illud imaginem multo melius definitam præſtabit. Etenim talis laterum convexitate idem conficitur, ac ſi adhiberetur Priſma, cujus latera eſſent accurate plana, & inter illud & foramen ligneæ feneſtræ collocaretur Lens objectiva ex Teleſcopio duodeviginti pedum, quo rotunda Solis imago diſtinctius terminata conſpiceretur in parie-

te,

Digitized by Google

te, ſublato Priſmate, & idcirco oblonga imago a Priſmate miniſtrata multo diſtinctius finita appareret, (præſertim quod ad latera ejus rectilinea pertinet,) quam aliter.

Hoc unum addam, ſcilicet, quod menſura complecti debet ultimos imaginis fines a languidiſſimo rubeo ad cæruleum pariter languidiſſimum. Etenim, in prima mea Epiſtola, ubi longitudinem imaginis latitudinis quintuplam ſtatui, longitudinem hanc appellavi *maximam* longitudinem * : & maximam longitudinem ſum dimenſus, quia credidi totam illam eſſe progenitam ab immediata Solis Luce: cum viderem Colores, (ut ſupra indicavi,) in ipſa maxima longitudine aſpectu percipi, quando dies erat clariſſimus, id eſt, quando ſolaris Lux valde Lucem nubium ſuperabat. Aliquando accidet, ut Lux fulgens late hinc inde extra hos Colores ab utraque imaginis extremitate ſuboriatur; Sed nulla illius ratio habenda eſt, nam hæc Lux ad imaginem non pertinet. Si bene peraguntur hæ menſurationes, totius imaginis longitudo longitudinem rectilineorum laterum una, circiter, imaginis latitudine ſuperare comperietur.

Hæc ita fuſe & ſingillatim explicata, viam, opinor, *Lucas* noſtro aperient ad inter ſe concilianda ſua & mea experimenti tentamina; ſaltem, ita ut nulla notatu digna diſcrepantia ſuperſit. Nam, ſi quod exiguum diſcrimen adhuc remanet, negotium amplius faceſſere non debet, cum ſint plures circumſtantiæ, quæ ad hoc conducunt; talia ſunt, tum diverſæ Priſmatum figuræ, tum diverſæ refringendi facultates vitrorum, diverſitas diametri ſolaris in diverſis Anni tempeſtatibus, atque tenues errores, in quos incidere poſſumus, dum lineas anguloſque metimur, aut dum Priſma ad feneſtram ſtatuimus; quanquam, quod ad me ſpectat, ſollicite conatus ſum hæc facere, quam potui, accuratiſſime. Quidquid tandem ſit, *Lucas* certo certius imaginem reperiet æque, vel etiam magis, longam, quam ego reperi, ſi adhibeat Priſma, cujus latera in concavitatem trita non ſint, ſed plana, vel, (quod præſtat,) aliquantiſper convexa, & cujus angulus refringens tanto ſuperet angulum Priſmatis a me uſurpati, quanto hic meus ſuperat angulum Priſmatis, quo hactenus *Lucas* experimentum tentavit; id eſt, cujus angulus ad ſex aut ſeptem ſupra ſexaginta gradus aſcendat, vel (ſi libet) major ſit.

De ceteris ejus experimentis, multas illi gratias habeo, quod hæc tantæ curæ ſint illi, ut ſuſcipere voluerit laborem iſta perpendendi, & ideo multo majores ei gratias ago, quod primus mihi miſerit experimenta ad horum veritatem indagandam tendentia. Veruntamen citius & plenius ſibi ſatisfaciet paulum immutans methodum, quam ſibi præſcripſit, &, pro quampluribus rebus, tentans dumtaxat *experimentum Crucis*. Non enim experimentorum numerus ſed pondus reſpici debet; &, ubi unum ſufficit, quid pluribus neceſſe habemus?

Si plura neceſſaria duxiſſem, plura addere potuiſſem. Quandoquidem, antequam ad Te darem primas meas litteras de Coloribus, multos labores circa pericula ſuſceperam, & librum de hoc argumento ſcripſeram, ubi fuſe experimentorum a me initorum præcipua referuntur: evenit autem, ut inter ea ſint præcipua illorum, quæ ad me *Lucas* miſit. Quod vero attinet ad experimenta enarrata in meis primis litteris, ea tantummodo ſunt, quæ ex hoc libro ſeligenda duxi.

Sed, quanquam totum meum experimentorum penu illa conficerent, non tamen *Lucas* orationem ſuam bene fundaſſet ſuper hypotheſi, quod me experimenta deficiunt, donec illa pauca tentaviſſet. Etenim, ſi ex illis aliqua demonſtrativa ſunt, ea neque adjutoribus indigent, neque locum relinquunt ad ulterius diſceptandum de rebus, quas demonſtraverunt.

Præcipua res, quæ examinanda venit eſt *inæqualis Refrangibilitas Lucis*; hæc autem *experimento Crucis* demonſtratur. Jam ſi hæc demonſtratio bona eſt, nihil opus eſt rem ipſam ulterius expendere; ſi demonſtratio bona non eſt, oſtendendum eſt ejus vitium. Siquidem ſola ratio expendendæ Propoſitionis demonſtratæ eſt expendere demonſtrationem. Prius igitur expendatur hoc experimentum, & pro vero agnoſca-

* **Num. 80. pag. 3076. Tranſ.**

agnoſcatur id, quod probat; & poſtea, ſi *Lucas* auxilium meum deſiderat ad explicandas difficultates, quas putat eſſe in experimentis a ſe propoſitis, eo non carebit; tunc enim pauca verba, reor, explanabunt omnia. Nunc autem, ſi rem ad demonſtrativum experimentum deducere deberem, initio ab hiſce deſumpto, utrique noſtrum ſic longæ diſputationis moleſtiam creare poſſem, &, ob multitudinem verborum, veritatem potius obruere & obtegere, quam detegere & in apertum ponere. Etenim, ſi antea, niſi poſt tantas moleſtias conſentire non potuimus in rebus *facti*, dum agebatur de primo & faciliori experimento, in quo quidem non omnino conſentimus; ecquam infinitam moleſtiam nobis pararemus, ſi noſmet ipſi traderemus diſputationibus, quas omne occurrens argumentum ſuſcitaret; & interea, quid, in tam moleſta diſceptatione de veritate fieret? Quocirca, cum via, quam propono, ſit omnium breviſſima clariſſimaque, (ne dicam, ſola via ad metam perducens,) nihil peto, niſi ut *Lucas* æqui bonique conſulat, ſi rogo ut eam ineat, videns illum profiteri ſe tantum veritatem quærere. Quapropter nunc ei ſolummodo & in genere dicam, reſpondens illi litterarum ſuarum parti, quæ de experimentis agit, quod difficultates ſuæ exortæ ſunt, partim, ex eo, quod aliquatenus perperam acceperit ea, contra quæ ſcripſit, &, partim, ex eo, quod non ſatis caute experimenta inſtituerit; inter quæ unum eſt, quod, legitime tentatum, eſt, poſt *Experimentum Crucis*, omnium, quæ noverim, fortiſſimum ad evincendam inæqualem Lucis Refractionem, quod tamen affert ad contrarium probandum.

Ex ejus poſtſcripto, quis neſciens quæ facta ſunt, credere poſſet illum *Regiæ Societatis* obſervationes contra me adducere; cum tamen in relatione hujus obſervationis, quam Tu *Leodium* miſiſti ne verbum quidem, de accurata ratione, quam imaginis longitudo ad ejus latitudinem habet, pro angulo Priſmatis, neque aliud in ea contineatur, (quantum ex ultima tua Epiſtola percipere potui,) quam quod ſpectat ad ea, de quibus tunc erat quęſtio, videlicet, quod *Regia Societas* comperit ea ſuccedere ut affirmaveram. Itaque, cum *Lucas* eundem ſucceſſum invenerit, arbitror, quod quando ait *ſibi jucundiſſimum eſſe quod* Regiæ Societatis *tentamina tam pulchre cum ſuis conveniant*, intelligit dumtaxat, quantum cum meis conveniunt.

Et quia rurſus de hoc experimento verba facio, percuperem, quod *Lucas* illud iteraret, adhibitis omnibus, quas poteſt maximas, curis & præcautionibus, & habita ratione eorum, quæ de hac re in his litteris dico; tum pervelim ut imaginis longitudinem, latitudinem, & intervallum a Priſmate, accurate exprimeret per pedes, pollices, & pollicis partes, ut conſiderare poſſim quam rationem ad Solis diametrum habeant imaginis longitudo & latitudo; nam, ſcio ejus obſervationem ſtare non poſſe, ſi angulus refringens implet ſexaginta gradus, ſi dies eſt ſerenus, & tota Colorum longitudo menſuratur, atque ſi imaginis latitudo reſpondet Solis diametro; cum enim certus ſim, quod obſervationes meæ accurate factæ fuerunt, ægre ferrem, ſi aliqua alia experimenta vetarent ne huic primum finem feliciter imponerem.

DOMINE

Tuus &c.

POST-SCRIPTUM.

Oblitus pariter fueram monere, quod *experimentum Crucis* & alia ſimilia, quæ fieri poſſunt ad Colorum naturam inveſtigandam, inſtitui debent Priſmatibus adeo refringentibus, ut imaginum longitudo quinquies earundem latitudinem contineat, & potius pluries; nam aliter experimenta minus bene ſuccedent.

FINIS.

Digitized by Google

INDEX OPTICÆ.

A.

Digitized by Google

B.

C.

Digitized by Google

D.

E.

Digitized by Google

F.

G.

H.

Digitized by Google

H.

I.

Digitized by Google

M.

Digitized by Google

N.

O.

Digitized by Google

Q.

R.

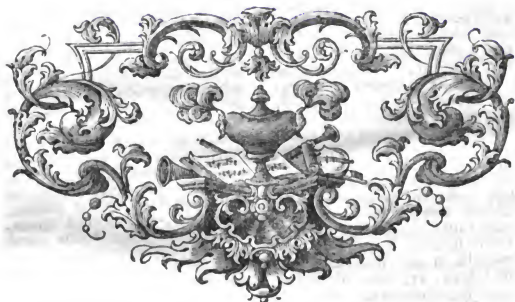
 tun-

res-

Digitized by Google

Digitized by Google

Z.

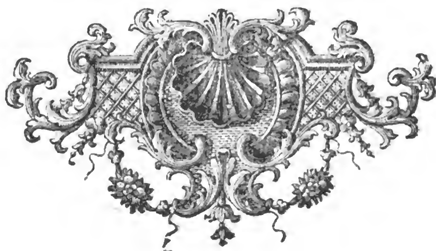


Digitized by Google

INDEX
LECTIONUM OPTICARUM.

Pla-

Digitized by Google



Digitized by Google

INDEX APPENDICIS.

Lu-

Digitized by Google

FINIS.

641728



Digitized by Google

NOI RIFORMATORI

Dello Studio di Padova.

AVendo veduto per la Fede di Revisione, ed Approvazione del P. F. Paolo Tomaso Manuelli Inquisitor Generale del Santo Offizio di Venezia nel Libro intitolato: *Opticæ sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus, & coloribus Lucis Libri tres Auctore Isaaco Newtono: accedunt Lectiones Opticæ ejusdem Auctoris cum Appendice &c.* non v' esser cosa alcuna contro la Santa Fede Cattolica; e parimente per attestato del Segretario Nostro, niente contro Principi, e buoni costumi, concediamo Licenza a Giovanni Manfrè Stampatore di Venezia, che possa essere stampato, osservando gli ordini in materia di Stampe, e presentando le solite copie alle Pubbliche Librerie di Venezia, e di Padova.

Dat. li 8. Dicembre 1747.

(
(*Barbon Morosini Cav. Proc. Rif.*
(*Marco Foscarini Cav. Proc. Rif.*

Registrato in Libro a Carte 14. al Num. 108.

Michel Angelo Marino Segr.

Reg. al Mag. Eccel. contra la Bestemmia.

Francesco Gadaldini Segr.

A V-

Digitized by Google

A V V I S O

AI LEGATORI DEL LIBRO.

AVvertano che vi ſono 42 *Tavole*, le quali non devono tutte eſſer poſte in fine del Libro; ma ſi hanno a diſtribuire in tre luoghi così:

Dodeci dopo l'Ottica, e ſon quelle ſegnate *lib. Part. Tab.* coi numeri.

Ventotto al fine delle Lezioni Ottiche, e queſte ſon ſegnate coi ſoli numeri di eſſe Tavole.

Le due reſtanti dopo l'Appendice.

A D B I B L I O P E G O S.

ANimadvertant, *Tabulas XXXXII.* hujus libri non omnes ad Calcem ponendas eſſe, ſed dividendas ita ut

Duodecim ponantur ad finem *Optices*; ſunt autem illæ quæ habent in Fronte *Lib. Par. Tab.* cum numeris.

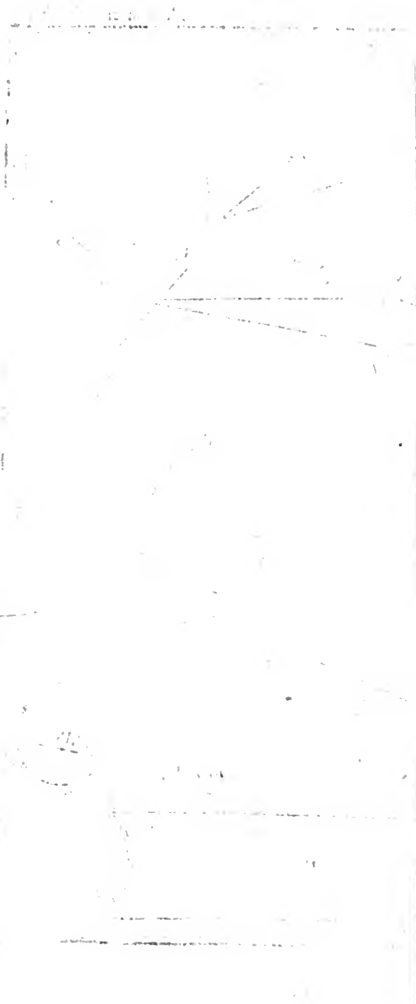
Viginti octo, quæ numeros tantum Tabularum referunt, poſt *Lectiones Opticas*.

Duæ reliquæ poſt *Appendicem*.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

.II.

i
I

g
G

a

G
H

Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google